

RANCANG BANGUN *SMART TIMER* SEBAGAI ALAT PENGUKUR WAKTU DAN KECEPATAN UNTUK MEDIA PEMBELAJARAN GERAK LURUS

Indah Setiorini

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
Kampus Ketintang Universitas Negeri Surabaya
new_inset@yahoo.co.id

Abstrak

Dalam pembelajaran fisika di sekolah banyak dijumpai hambatan teknis dan nonteknis misalnya siswa sulit memahami fisika, sehingga fisika menjadi mata pelajaran yang tidak disukai siswa. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan kajian fisika yang relevan dengan percobaan materi gerak lurus dan merancang serta menerapkan *smart timer* sebagai alat pengukur waktu dan kecepatan untuk media pembelajaran materi gerak lurus. Hasil perancangan dalam penelitian ini terdiri atas empat komponen utama, yaitu: mikrokontroler ATmega 8, dua sensor fotodiode, lintasan aluminium dengan panjang 1,5 meter, dan benda yang bergerak, yaitu mobil mainan dan bola. Berdasarkan hasil kalibrasi diperoleh kesalahan perhitungan waktu dari *smart timer* terhadap *stopwatch* maksimum sebesar 1,13%, sedangkan kesalahan perhitungan waktu dari *smart timer* terhadap *pasco photogate* maksimum sebesar 1,08%. Berdasarkan hasil pengukuran *smart timer* terhadap *pasco photogate* menggunakan lintasan hasil rancangan pada percobaan *instantaneous versus average velocity* kesalahan perhitungan waktu maksimum sebesar 1,04% dan kesalahan perhitungan kecepatan maksimum sebesar 0,76%, pada *percobaan kinematics on an inclined plane* kesalahan perhitungan waktu maksimum sebesar 4,65%. Berdasarkan persentase kesalahan perhitungan yang telah diperoleh menunjukkan bahwa *smart timer* sebagai alat pengukur waktu dan kecepatan layak digunakan untuk media pembelajaran materi gerak lurus, karena nilai yang terukur pada *smart timer* akurat dan mendekati nilai yang terukur pada alat keluaran *pasco scientific*.

Kata Kunci: waktu, kecepatan, gerak lurus.

Abstract

In school physics subject is met many obstacles such as student hard to understanding and learning about physics, then physics becomes unpopular subjects for students. In this context, this research purposed to make physic study relevant to motion in one dimension experiment as well design and applied smart timer as an experimental instrument used in time and velocity measurements for media learning in one dimensional motion. The design result is consisted four main components, they are: microcontroller ATmega 8, two photodiode sensor, aluminium trajectory with 1,5 meter long, as well as mobile objects such as toy car and ball. Smart timer calibration resulted error up to 1,13 % and 1,08 % respectively compare to calibrator of stopwatch and pasco photogate. Base on the result taken from smart timer and pasco photogate using trajectory of design result in instantaneous versus average velocity experiment, resulted error of time measurement up to 1,04% and resulted error of velocity measurement up to 0,76%, and in kinematics on an inclined plane experiment, resulted error of time measurement up to 4,65%. From the result of smart timer as an experimental instrument used in time and velocity measurements can be used to learning media in one dimensional motion, because measurement value of smart timer approached with pasco scientific device.

Keywords: time, velocity, one dimensional motion

PENDAHULUAN

Fisika merupakan bagian dari sains yang memahami segala sesuatu tentang gejala-gejala alam yang terjadi. Fisika diajarkan pada siswa mulai dari siswa tingkat dasar sampai tingkat perguruan tinggi, karena fisika memiliki manfaat untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam praktek fisika diajarkan melalui perumusan matematis, sehingga bersifat terukur atau kuantitatif. Hal ini seringkali menjadi hambatan siswa dalam memahami dan

mempelajari fisika, sehingga fisika menjadi mata pelajaran yang tidak disukai siswa.

Berdasarkan artikel yang termuat dalam *tekno.kompas.com* pada tanggal 19 juli 2012 memaparkan bahwa fisika adalah salah satu mata pelajaran yang tidak disukai oleh siswa. Dari hasil survei yang ditemukan fakta di sekolah-sekolah bahwa pelajaran fisika merupakan pelajaran yang sulit dipahami dan membosankan bagi siswa. Berbagai materi yang disampaikan oleh pengajar kurang dipahami oleh siswa, karena terdapat banyak teori

dan rumus yang membuat siswa enggan dan sering tidak serius dalam belajar.

Dari konteks diatas, diperlukan media pembelajaran untuk membantu proses belajar-mengajar. Harapan dari adanya media pembelajaran adalah siswa dapat tertarik dalam belajar materi fisika, sehingga dapat mewujudkan hasil belajar siswa yang maksimal. Media pembelajaran yang dapat membantu proses belajar siswa misalnya, media percobaan/eksperimen ataupun media simulasi.

Pada penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak penelitian yang merancang media pembelajaran yang dikembangkan dan kebanyakan penelitian yang berkembang menggunakan media simulasi, misalnya penelitian Pradipta (2012) merancang media pembelajaran untuk menarik minat siswa dalam pembelajaran fisika dengan membuat berbagai media seperti video, animasi, gambar, dan suara untuk materi gerak lurus menggunakan Software SwishMax sebagai media simulasi yang telah layak dan dapat digunakan dalam pembelajaran. Selain itu penelitian Murdini (2012) juga merancang media simulasi materi gerak berbasis komputasi yang telah layak dan dapat digunakan dalam pembelajaran.

Media percobaan/eksperimen juga layak dan dapat digunakan sebagai sarana membantu proses belajar mengajar siswa. Dalam pelaksanaan percobaan dibutuhkan perangkat antara lain alat dan bahan sesuai dengan percobaan yang akan dilakukan. Materi gerak adalah salah satu materi yang relatif mudah untuk dilakukan eksperimen/percobaan. Untuk percobaan materi gerak diperlukan alat percobaan, misalnya alat percobaan keluaran *Pasco Scientific* seperti *Pasco Dynamics Carts ME-6950*, *Pasco Strack Dynamics System ME-6961*, *Photogate timer Model ME-9204*, *Science Workshop 750 Interface (USB) CI-7599*, dan *Accessory Photogate ME-9204*.

Alat atau instrumen laboratorium sebagai penunjang percobaan yang akan membantu siswa memahami materi yang diajarkan, sering tidak dijumpai di sekolah-sekolah. Berdasarkan studi pendahuluan di SMAN 20 Surabaya tahun 2013 yang dilakukan (Wardani, 2013), menjelaskan pembelajaran fisika didalam kelas masih belum menerapkan pembelajaran berbasis kegiatan laboratorium. Hal ini dapat disebabkan karena dana yang diperlukan untuk membeli dan merawat instrumen tersebut cukup mahal. Biasanya alat tersebut didatangkan dari luar negeri. Selain itu, jarang ada perusahaan dalam negeri yang membuat instrumentasi laboratorium sekolah.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan kajian fisika yang relevan berkaitan dengan percobaan materi gerak lurus, merancang dan menerapkan smart timer sebagai alat pengukur waktu dan kecepatan untuk media pembelajaran materi gerak lurus.

Hasil dari penelitian ini adalah merancang kit praktikum untuk materi ajar gerak lurus sebagai media pembelajaran siswa dalam upaya membantu proses belajar-mengajar siswa agar siswa lebih mudah dalam mempelajari fisika khususnya materi gerak lurus.

LANDASAN TEORI

Gerak suatu benda menurut lintasannya dapat dibedakan antara lain: gerak lurus yang lintasannya berbentuk garis lurus, gerak melingkar yang lintasannya berbentuk melingkar, dan gerak parabola yang lintasannya berbentuk parabola.

Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Gerak lurus beraturan terjadi apabila ada suatu benda yang bergerak dengan kecepatan tetap (konstan). Syarat benda dikatakan bergerak lurus beraturan apabila gerak benda tersebut menempuh lintasan lurus dan kecepatan benda tidak berubah. Pada gerak lurus beraturan, tidak ada percepatan benda ($a=0$).

Jika suatu mobil melaju dalam waktu satu sekon menempuh jarak tiga meter, dan satu sekon berikutnya menempuh jarak tiga meter lagi, begitu seterusnya. Maka mobil tersebut dapat dikatakan bergerak lurus beraturan. Dengan kata lain, perbandingan jarak dengan selang waktu yang dilalui mobil tersebut selalu konstan atau kecepatannya konstan. Persamaan yang berlaku untuk gerak lurus beraturan adalah

$$dx = \bar{v} \times dt \quad (1)$$

Dengan dx menyatakan perubahan posisi/perpindahan benda selama selang waktu tertentu (m), dt menyatakan selang waktu yang ditempuh benda saat bergerak (s), dan \bar{v} adalah kecepatan benda (m/s)

Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Gerak lurus berubah beraturan terjadi apabila ada suatu benda yang bergerak pada lintasan lurus dengan kecepatan yang berubah secara teratur setiap sekonnya.

Jika suatu mobil yang melaju dalam waktu satu sekon menempuh jarak dua meter, dan satu sekon berikutnya menempuh jarak empat meter lagi, begitu seterusnya. Maka mobil tersebut dapat dikatakan memiliki kecepatan yang berubah setiap waktunya. Dengan kata lain, perbandingan jarak dengan selang waktu yang dilalui mobil tersebut berubah. Perubahan kecepatan setiap waktunya ini disebut percepatan. Persamaan yang berlaku untuk gerak lurus berubah beraturan adalah

$$v_t^2 = v_0^2 + 2ax \quad (2)$$

Dengan v_0 menyatakan kecepatan benda mula-mula ($t = 0$), v_t menyatakan kecepatan benda pada waktu t , a menyatakan percepatan benda.

Mikrokontroler ATmega 8

Mikrokontroler dapat diartikan sebagai sebuah pengendali yang berukuran mikro. Mikrokontroler ATmega 8 merupakan salah satu produk dari *Atmel Corp* yang memiliki 8Kbytes *Flash Programmable and Erasable Read-Only Memory (PEROM)*. Mikrokontroler ini memiliki kumpulan instruksi yang sesuai dengan standar keluarga MCS-51 produk INTEL. ATmega 8 mempunyai fitur standar sebagai berikut: tegangan kerja 2,7-5.5 Volt, kecepatan 16MHz, 8Kbytes Flash, 512 Bytes *EEPROM*, 1 Kbytes RAM, 23 jalur I/O, 2 timer/counter 8bit, 1 timer/counter 16bit, 3 jalur PWM, 8 jalur ADC, serial interface ada, *Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator, On-chip Analog Comparator*.

Pada dasarnya sarana *timer/counter* merupakan seperangkat pencacah biner (*binary counter*). Jika pencacah tersebut bekerja dengan frekuensi tetap yang sudah diketahui besarnya, maka dikatakan sebagai timer. Namun jika pencacah tersebut bekerja dengan frekuensi yang tidak tetap, maka dikatakan sebagai counter, karena kedudukan pencacah tersebut hanyalah menyatakan banyaknya pulsa yang sudah diterima pencacah.

Pada penelitian ini menggunakan Timer 0 (8 Bit) yaitu timer yang bisa mencacah/menghitung sampai maksimal nilai 0xFF heksa (dalam biner 1111 1111). Program pengatur timer yang dapat menghasilkan waktu sebesar 1 detik, dengan membuat timer selama 1 mili detik (ms) kemudian dilakukan pengulangan sebanyak 1000 kali, maka akan dihasilkan timer selama 1 detik ($1\text{ms} \times 1000 = 1\text{detik}$).

Sensor Fotodioda

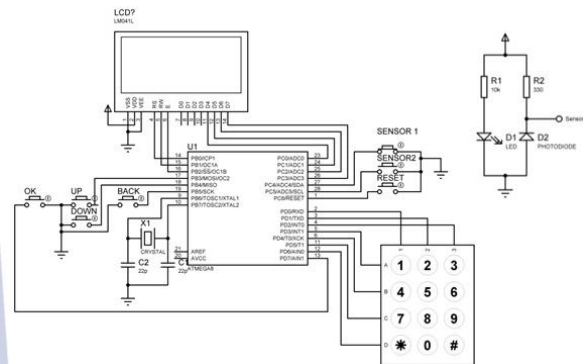
Sensor fotodioda adalah suatu jenis dioda yang resistansinya berubah-ubah jika ada cahaya yang jatuh pada dioda. Jika tidak ada cahaya yang jatuh pada dioda, maka nilai resistansi/hambatannya besar dan tidak ada arus yang mengalir. Sebaliknya, jika ada cahaya jatuh pada dioda, maka nilai resistansi/hambatannya kecil dan ada arus yang mengalir. Semakin kuat cahaya yang jatuh pada dioda maka makin kecil nilai tahanannya, sehingga arus yang mengalir semakin besar. Jika fotodioda persambungan p-n bertegangan balik disinari, maka arus akan berubah secara linier dengan kenaikan fluks cahaya yang dikenakan pada persambungan tersebut.

METODE

Penelitian ini membahas perancangan *smart timer* sebagai alat pengukur waktu dan kecepatan untuk media pembelajaran gerak lurus. Pada dasarnya pengukuran waktu dapat diperoleh menggunakan alat pengukur waktu seperti *stopwatch* atau instrumen laboratorium keluaran *pasco scientific* dan pengukuran kecepatan dapat

diperoleh dengan perhitungan berdasarkan persamaan dari waktu yang diperoleh. Namun perkembangan teknologi instrumentasi yang semakin maju mendorong peneliti untuk merancang alat pengukur waktu dan kecepatan dengan menggunakan mikrokontroler ATmega 8 dan sensor fotodioda. Dalam penelitian ini, digunakan mikrokontroler ATmega 8 dan sensor fotodioda karena mudah diperoleh dipasaran, harga relatif murah dan menyediakan fasilitas untuk monitoring besaran waktu yang dapat digunakan menghitung kecepatan.

Rangkaian mikrokontroler untuk alat pada penelitian seperti gambar dibawah ini.



Gambar 1. Rangkaian mikrokontroler.

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian yaitu tahap mencari sumber-sumber referensi yang mendukung untuk pembuatan *smart timer*. Selanjutnya menentukan komponen-komponen yang digunakan untuk perancangan *smart timer* yaitu, menyiapkan fotodioda, mikrokontroler ATmega 8, mobil, dan lintasan percobaan. Setelah menentukan komponen yang akan digunakan, selanjutnya mensimulasikan komponen yang akan digunakan yaitu menggunakan program simulasi *software isis profesional* untuk mengetahui keberhasilan metode yang dikerjakan. Setelah mengetahui keberhasilan dari simulasi alat selanjutnya komponen dirangkai sehingga alat siap untuk di uji.

Pengujian alat *smart timer* dilakukan dengan membandingkan antara hasil dari *smart timer* dengan alat praktikum keluaran *Pasco Scientific* yaitu *Science Workshop 750 Interface (USB) CI-7599* dan *Accessory Photogate ME-9204B* digunakan sesuai dengan modul percobaan *Pasco Photogate Timer ME-9215B* yaitu, *instantaneous versus average velocity* dan *kinematics on an inclined plane*.

Sebelumnya, alat *smart timer* diuji dengan *stopwatch* dan *pasco scientific* untuk mengetahui kesesuaian hasil perhitungan waktu sebagai kalibrasi awal *smart timer*. Pada pengujian *smart timer* dengan *stopwatch* dan *pasco scientific* kedua alat ukur tersebut dinyalakan dan dihentikan bersama selama 1 menit, 5 menit, 10 menit, 15 menit, 30 menit, dan 60 menit.

Berikut langkah percobaan *instantaneous versus average velocity* menggunakan lintasan hasil rancangan.

1. Merangkai alat yang terdiri atas mobil, sensor, lintasan dan *smart timer* seperti gambar 2.



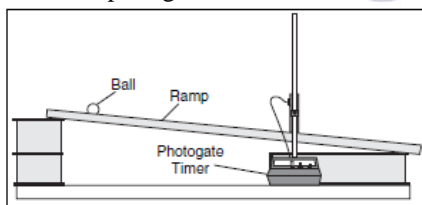
Gambar 2. Rancangan percobaan *instantaneous versus average velocity*.

2. Mengatur jarak sensor 1 dan sensor 2 sejauh 20 cm.
3. Mengatur saklar on pada *smart timer* dan memasukan nilai jarak sensor pada *smart timer* sebesar 20 cm.
4. Memilih menu mengukur waktu dengan 2 sensor pada *smart timer*.
5. Mengatur tegangan pada mobil sebesar 2,5 V.
6. Mengatur saklar on pada mobil dan menjalankan mobil diatas lintasan
7. Mencatat waktu yang terukur pada smart timer saat mobil melewati sensor.
8. Mengulangi langkah diatas sebanyak 10 kali.
9. Mengulangi langkah 1-9 dengan jarak yang berbeda yaitu sebesar 40 cm, 60 cm, 80 cm, dan 100 cm.
10. Mengulangi langkah 1-10 dengan menu kecepatan 2 photogate pada *smart timer*.
11. Menghitung waktu dan kecepatan dari setiap jarak yang berbeda menggunakan persamaan 1.

Untuk mengitung kecepatan rata-rata dari percobaan *instantaneous versus average velocity* dengan grafik linier dengan sumbu x sebagai fungsi jarak x, sumbu y sebagai fungsi jarak t dan m sebagai kecepatan rata-rata v .

Sedangkan langkah percobaan *kinematics on an inclined plane* menggunakan lintasan hasil rancangan sebagai berikut.

1. Merangkai alat yang terdiri atas sensor, lintasan dan *smart timer* seperti gambar 3.



Gambar 3. Rancangan percobaan *kinematics on an inclined plane*.

(Sumber: *Intruccion Manual Pasco Scientific Model ME-9215B*)

2. Mengatur jarak sensor 1 dan bola sebesar 5 cm.
3. Mengatur saklar on pada *smart timer* dan milih menu mengukur waktu dengan 1 sensor pada *smart timer*.
4. Mencatat waktu yang terukur pada *smart timer* saat bola melewati sensor.
5. Mengulangi langkah diatas sebanyak 10 kali.

6. Mengulangi langkah 1-6 dengan jarak yang berbeda yaitu sebesar 10 cm, 15 cm, 20 cm, dan 25 cm.
7. Menghitung waktu dan kecepatan akhir dari setiap jarak yang berbeda.
8. Menghitung nilai percepatan benda berdasarkan persamaan 2.

Untuk mengitung percepatan dari percobaan *kinematics on an inclined plane* dengan grafik linier dengan sumbu x sebagai fungsi jarak x, sumbu y sebagai fungsi jarak v_t^2 dan m sebagai percepatan a .

Untuk mengetahui nilai kesalahan/error dari pengukuran smart timer sebagai alat ukur dengan menggunakan cara ketidakpastian relatif yaitu nilai kesalahan alat hasil rancangan diukur relatif terhadap alat pembanding. Perhitungan nilai kesalahan sebagai berikut.

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{\text{nilai alat pembanding} - \text{nilai alat rancangan}}{\text{nilai alat pembanding}} \times 100 \%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil-hasil penelitian perancangan alat yaitu *smart timer* sebagai alat pengukur waktu dan kecepatan untuk media pembelajaran gerak lurus. Hasil perancangan alat pengukur waktu dan kecepatan terdiri atas empat komponen utama, yaitu: mikrokontroler sebagai pengatur semua input dan output pada alat ini yang terdiri atas komponen ATmega 8, LCD, keypad, dan button; dua sensor yang terdiri atas sensor photo dioda dan LED yang berfungsi sebagai saklar perhitungan waktu; lintasan alumunium dengan panjang 1,5 meter; dan benda yang bergerak yang diukur waktu dan kecepatannya yang terdiri dari mobil mainan. Pada mikrokontroler yang telah dirancang terdapat tiga pilihan menu pengukuran yaitu, pengukuran waktu menggunakan 1 sensor, pengukuran waktu menggunakan 2 sensor, dan pengukuran kecepatan menggunakan 2 sensor. Berikut ini gambar hasil perancangan alat pengukur waktu dan kecepatan *smart timer*.



Gambar4. Hasil perancangan alat pengukur waktu dan kecepatan *smart timer*.

Hasil pengujian/kalibrasi diperoleh persentase kesalahan perhitungan waktu *smart timer* terhadap *stopwatch* maksimum sebesar 1,13%, sedangkan persentase kesalahan perhitungan waktu *smart timer* terhadap *pasco photogate* maksimum sebesar 1,08%.

Pengujian selanjutnya yang dilakukan adalah membandingkan hasil antara pengukuran dari *smart timer* dan *pasco scientific* dengan modul percobaan *Pasco Photogate Timer ME-9215B* yaitu, *instantaneous versus average velocity* dan *kinematics on an inclined plane*. Adapun data beserta pembahasan dari percobaan yang dilakukan sebagai berikut. Data beserta pembahasan dari percobaan yang dilakukan sebagai berikut.

Percobaan *Instantaneous Versus Average Velocity*

Percobaan dilakukan pada lintasan hasil rancangan pada dasarnya dilakukan untuk pengujian kelayakan lintasan dan mobil rancangan yang digunakan sebagai alat praktikum. Pada percobaan ini menggunakan lintasan yang telah dirancang yang memiliki panjang lintasan sebesar 1,5 meter dan benda bergerak yang digunakan adalah mobil mainan. Mobil mainan ini dapat bergerak karena ada sumber tegangan dari baterai 3 Volt. Saat mobil bergerak melewati dua sensor fotodioda pada smart timer dan dua photogate pada pasco, waktu yang diperlukan mobil mainan bergerak melewati dua sensor diukur sebagai waktu t (s) dan besarnya jarak dua sensor sebagai jarak x (m).

Berikut ini tabel data hasil percobaan *instantaneous versus average velocity* pada lintasan hasil rancangan sebagai pengukur waktu.

Tabel 1. Percobaan *instantaneous versus average velocity* pengukur waktu.

No	Jarak (m)	Waktu (s)		Kecepatan (m/s)	
		Pasco Photogate	Smart Timer	Pasco Photogate	Smart Timer
1	0,2	0,749	0,754	0,266	0,265
2	0,4	1,561	1,557	0,256	0,257
3	0,6	2,351	2,346	0,255	0,255
4	0,8	3,086	3,118	0,259	0,256
5	1,0	3,719	3,711	0,268	0,269

Dari data percobaan (Tabel 1) diperoleh data berupa jarak dua sensor (m), waktu terukur (s) pada pasco photogate dan smart timer. Saat jarak dua sensor minimum yaitu sebesar 0,2 m waktu terukur pada pasco photogate dan smart timer adalah 0,749 s dan 0,754 s. Sedangkan, saat jarak dua sensor maksimum yaitu sebesar 1,0 m waktu terukur pada pasco photogate dan smart timer adalah 3,719 s dan 3,711 s.

Semakin besar jarak antara dua sensor, maka semakin besar waktu tempuh yang dihasilkan. Dan sebaliknya, semakin kecil jarak antara dua sensor, maka semakin kecil waktu tempuh yang dihasilkan. Semakin besar waktu tempuh yang dihasilkan, maka semakin besar kecepatan terukur yang dihasilkan. Dan sebaliknya, semakin kecil waktu tempuh yang dihasilkan, maka semakin kecil kecepatan terukur yang dihasilkan.

Kecepatan yang diperoleh untuk jarak yang berbeda dan waktu yang berbeda memiliki nilai yang sama yaitu 0,26 m/s. Perubahan jarak pada percobaan ini tidak mempengaruhi nilai kecepatan yang diperoleh. Hal ini menunjukkan bahwa pada percobaan gerak lurus beraturan pada lintasan pasco air track sebagai pengukur waktu. Jarak x berbanding lurus dengan waktu tempuh t , waktu tempuh t berbanding lurus dengan kecepatan v , dan kecepatan yang diperoleh konstan.

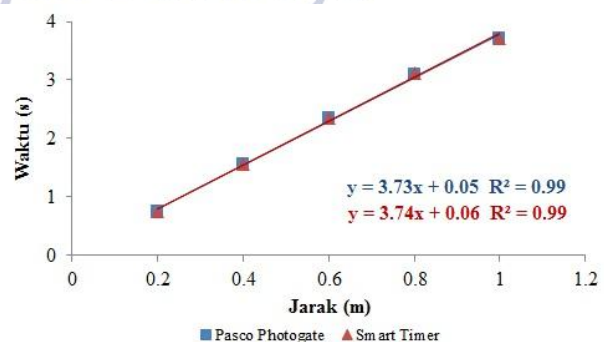
Sedangkan hasil percobaan *instantaneous versus average velocity* pada lintasan rancangan sebagai pengukur kecepatan seperti tabel berikut.

Tabel 2. Percobaan *instantaneous versus average velocity* pengukur kecepatan.

No	Jarak (m)	Kecepatan (m/s)	
		Pasco Photogate	Smart Timer
1	0,2	0,264	0,262
2	0,4	0,261	0,261
3	0,6	0,254	0,253
4	0,8	0,253	0,252
5	1,0	0,273	0,272

Pada percobaan ini alat pasco photogate dan smart timer digunakan sebagai pengukur kecepatan. Dari data percobaan (Tabel 2) diperoleh data jarak dua sensor (m) dan kecepatan terukur (m/s) pada pasco photogate dan smart timer. Saat jarak dua sensor minimum yaitu sebesar 0,2 m kecepatan terukur pada pasco photogate dan smart timer adalah 0,264 m/s dan 0,262 m/s. Sedangkan, saat jarak dua sensor maksimum yaitu sebesar 1,0 m kecepatan terukur pada pasco photogate dan smart timer adalah 0,273 m/s dan 0,272 m/s. Hasil pengukuran kecepatan untuk jarak yang berbeda memiliki nilai konstan yaitu 0,26 m/s. Perubahan jarak pada percobaan ini tidak mempengaruhi nilai kecepatan yang diperoleh.

Untuk mengetahui kecepatan rata-rata mobil mainan pada percobaan gerak lurus beraturan pada lintasan rancangan sebagai pengukur waktu, berikut ini grafik hubungan jarak yang ditempuh dengan waktu ($x - t$) dari data tabel 4.3.



Gambar 5. Grafik hubungan $x - t$ percobaan *instantaneous versus average velocity*.

Hubungan jarak sensor dan waktu terukur $x - t$ (Gambar 5) menunjukkan bahwa jarak sensor x berbanding lurus dengan waktu tempuh t . Sehingga diperoleh sebuah garis lurus diagonal ke atas. Sehingga, semakin besar waktu yang ditempuh benda semakin besar jarak yang ditempuh, dan sebaliknya semakin kecil waktu yang ditempuh benda semakin kecil jarak yang ditempuh. Berdasarkan persamaan gerak 2.1 $\bar{v}(\text{ms}) = \frac{dx(\text{m})}{dt(\text{s})}$ atau $t = \frac{1}{\bar{v}}x$ dan dengan menarik garis linier ($y = mx \pm c$) dari grafik 4.2 diperoleh kecepatan rata-rata mobil mainan dari percobaan gerak lurus beraturan sebagai pengukur waktu untuk pasco scientific sebesar 0,268 m/s dan untuk alat smart timer sebesar 0,268 m/s.

Berdasarkan hasil pengukuran *smart timer* terhadap *pasco photogate* menggunakan lintasan hasil rancangan pada percobaan *instantaneous versus average velocity* kesalahan perhitungan waktu maksimum sebesar 1,04% dan kesalahan perhitungan kecepatan maksimum sebesar 0,76%.

Percobaan Kinematics On An Inclined Plane

Percobaan yang dilakukan pada lintasan hasil rancangan pada dasarnya dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran *smart timer* dengan *Pasco Photogate Timer ME-9215B*. Selain itu, percobaan ini dilakukan untuk pengujian kelayakan lintasan dan bola rancangan untuk digunakan sebagai alat praktikum.

Tahap percobaan ini menggunakan lintasan yang telah dirancang yang pancangnya 1,5 meter yang diletakkan dengan kemiringan α . Pada lintasan ini, bola dapat bergerak karena gaya berat yang dimiliki bola dan kemiringan lintasan. Saat bola dengan diameter 3,5 cm bergerak melewati sensor photodiode pada smart timer dan photogate pada pasco, waktu yang diperlukan bola bergerak melewati sensor diukur sebagai waktu t (s) dan besarnya jarak sensor dan bola sebagai jarak x (m). Berikut ini tabel data hasil percobaan *kinematics on an inclined plane* pada lintasan hasil rancangan untuk mengukur waktu.

Tabel 3. Percobaan *kinematics on an inclined plane* pengukur waktu.

No.	Jarak (m)	Waktu (s)	
		Pasco Photogate	Smart Timer
1	0,05	0,337	0,326
2	0,10	0,251	0,240
3	0,15	0,215	0,205
4	0,20	0,180	0,182
5	0,25	0,162	0,160

Dari data percobaan (Tabel 3) diperoleh data berupa jarak sensor dan bola (m), waktu terukur pada pasco photogate dan smart timer. Saat jarak sensor dan bola

minimum yaitu sebesar 0.05 m waktu terukur pada pasco photogate dan smart timer adalah 0,337 s dan 0.326 s. Sedangkan, saat jarak sensor dan bola maksimum yaitu sebesar 0,25 m waktu terukur pada pasco photogate dan smart timer adalah 0,162 s dan 0,160 s.

Semakin besar jarak sensor dengan bola maka semakin kecil waktu tempuhnya. Dan sebaliknya, semakin kecil jarak sensor dengan bola maka semakin besar pula waktu tempuhnya. Hal ini menunjukkan bahwa jarak x berbanding lurus dengan waktu tempuh t .

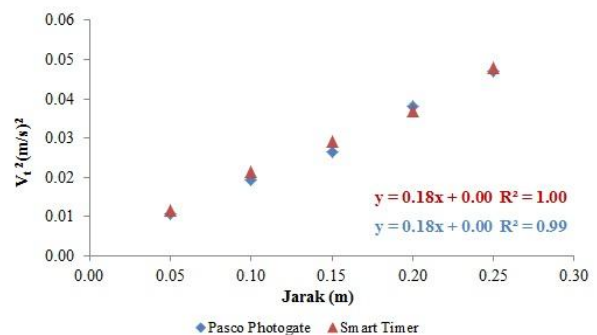
Dengan membagi nilai diameter bola dengan waktu tempuh yang terukur, maka akan diperoleh nilai kecepatan akhir. Berikut data kecepatan akhir dari percobaan *kinematics on an inclined plane*.

Tabel 4. Data kecepatan akhir percobaan *kinematics on an inclined plane*

No	Jarak (m)	V_t (m/s)		V_t^2 (m/s) ²	
		Pasco Photogate	Smart Timer	Pasco Photogate	Smart Timer
1	0,05	0,104	0,107	0,011	0,012
2	0,10	0,140	0,146	0,019	0,021
3	0,15	0,163	0,171	0,027	0,029
4	0,20	0,195	0,192	0,038	0,037
5	0,25	0,217	0,219	0,047	0,048

Data kecepatan akhir percobaan gerak lurus berubah beraturan (Tabel 4), semakin besar jarak sensor dengan bola maka semakin kecil kecepatan yang dihasilkan. Dan sebaliknya, semakin kecil jarak sensor dengan bola maka semakin besar kecepatan yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan akhir v_t berbanding terbalik dengan waktu tempuh t .

Untuk mengetahui percepatan bola, berikut ini grafik hubungan antara kecepatan akhir dengan jarak ($v_t - x$).



Gambar 6. Grafik Hubungan $v_t^2 - x$ *kinematics on an inclined plane*.

Hubungan $v_t^2 - x$ (Gambar 6) menunjukkan semakin besar jarak sensor dengan bola maka semakin kecil kecepatan yang dihasilkan. Dan sebaliknya, semakin kecil jarak sensor dengan bola maka semakin besar kecepatan yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan akhir v_t berbanding terbalik dengan waktu tempuh t .

Hubungan kecepatan akhir dengan jarak $v_t^2 - x$ (Gambar 6) diperoleh persamaan linier alat *pasco scientific* adalah $y = 0.1816x + 0.0011$ dan persamaan linier alat smart timer adalah $y = 0.1766x + 0.0029$. Berdasarkan persamaan gerak lurus berubah beraturan 2, nilai percepatan dari percobaan gerak lurus berubah beraturan adalah $0,09 \text{ m/s}^2$ untuk alat *pasco scientific* dan untuk alat smart timer $0,09 \text{ m/s}^2$.

Berdasarkan hasil pengukuran *pasco photogate* dan smart timer pada percobaan *kinematics on an inclined plane* persentase kesalahan perhitungan waktu dari smart timer terhadap *pasco photogate* maksimum sebesar 4,65%.

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan diperoleh perbedaan nilai yang terukur pada alat hasil rancangan dengan alat pembanding. Perbedaan nilai yang diperoleh ditunjukkan dengan nilai persentase kesalahan yang terukur. Adanya perbedaan nilai yang terukur disebabkan karena keterbatasan alat hasil rancangan yang berkaitan dengan perhitungan waktu. Pada penelitian ini pengukuran waktu menggunakan timer yang berasal dari mikrokontroler ATmega 8 dan memiliki keterbatasan dalam mencacah waktu.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil-hasil penelitian dan pembahasan yang telah dijelaskan, maka dapat disimpulkan bahwa *smart timer* sebagai alat pengukur waktu dan kecepatan layak digunakan untuk media pembelajaran materi gerak lurus, karena nilai yang terukur pada smart timer akurat dan mendekati nilai yang terukur pada alat keluaran *Pasco Scientific*.

Saran

Dengan memperhatikan hasil penelitian, maka saran yang dapat diberikan adalah untuk perancang alat pengukur waktu dan kecepatan dapat menggunakan sensor tipe lain yang memiliki respon lebih cepat ketika mendeteksi benda yang bergerak dengan nilai kecepatan besar, serta perancangan kit gerak lurus beraturan yang lebih efektif untuk meminimalisir perubahan kecepatan yang dihasilkan. Selain itu, untuk pengaturan waktu dengan hasil yang lebih akurat, stabil, dan terdapat fasilitas kalender dapat disarankan menggunakan IC Real-Time Clock (RTC). Oleh karena itu diperlukan penelitian-penelitian lain yang dapat dikembangkan terkait dengan perancangan alat ukur waktu dan kecepatan sebagai media pembelajaran untuk materi gerak lurus.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya untuk Dosen Pembimbing Endah Rahmawati, S.T.,M.Si. yang banyak memberikan ilmu dan pengalaman hidup untuk menjadi mahasiswa yang lebih baik. Ucapan terima kasih untuk Dra. Imam Sucahyo, M.Si dan Tjipto Prastowo, Ph.D selaku Dosen Penguji yang telah memberikan banyak masukan dalam penelitian Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Halliday David; Robert Resnick. 1997. *Fisika Jilid II Edisi Ketiga*, Diterjemahkan Oleh: Pantur Silaban Ph.D dan Drs. Edwin Sucipto. Jakarta: Erlangga.
- Giancoli, Douglas C. 1997. *Fisika Jilid 1 Edisi Empat*, Diterjemahkan Oleh: Drs Cuk Imawan MS, Drs Yaziz Hasan, dkk. Jakarta: Erlangga
- Murdini, Wahyu T. 2012. Pengembangan Media Simulasi Perpaduan Gerak Berbasis Komputasi Untuk Siswa Kelas XI SMA Negeri 3 Lumajang. *Jurnal Pendidikan Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang*, Vol. 2, No. 1.
- Prasetio, L. 1992. *Mengerti Fisika*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Pradipta, Kharisma Resi. 2012. Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis Multimedia dengan Menggunakan SwishMax 4 pada Materi Kinematika Gerak Lurus untuk Siswa SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang*, Vol. 1, No. 1.
- Scientific, P. 1998. *Instruction Manual and Experiment Guide for the PASCO scientific PHOTOGATE TIMER Model ME-9215B*. CANADA: Pasco.
- Simple stopwatch menggunakan mikrokontroler dan codevision AVR. (2011, Juni 29). Retrieved 11 14, 2012, from elektro kontrol: elektrokontrol.blogspot.com
- timer dan counter. (2011, juni 27). Retrieved november 14, 2012, from elektro kontrol: http://elektro_kontrol.blogspot.com
- Wardani, A. K., Sucahyo, I., Prastowo, T. dan Anggaryani, M. 2013. Tinjauan ulang materi ajar gerak lurus beraturan melalui percobaan gravity current dalam skala laboratorium. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, Vol. 9, No. 2.