

PEMBUATAN TOOL PEMODELAN EKSPERIMEN GERAK PARABOLA DENGAN PENGATURAN SUDUT ELEVASI UNTUK ANALISIS VIDEO TRACKER

Atika Irbah¹⁾ Asrizal²⁾

¹⁾Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

²⁾Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang
tikairbah@gmail.com, asrizal@fmipa.unp.ac.id

ABSTRACT

Physics has an important role in the development of Science and Technology. One interesting phenomenon of motion in physics, namely parabolic motion. The importance of the parabolic motion instrument is to understand various types of parabolic motion concepts. From the result of observation, it was known that the parabolic motion experiment was still done manually, namely the measured physical quantities were limited and It can't display the graph. Experimental tools have weaknesses in parabolic motion experiment activities because they weren't effective when used. One solution to overcome this weakness is developing a tracker video analysis and modeling tool. The purpose of this research is to determine the performance specifications of a parabolic experiment modeling tool, the design specifications of a parabolic experiment modeling tool, and the effect of the elevation angle change of a parabolic experiment modeling tool. This research can be classified into engineering research method, namely a research method to design a process, product or prototype to make a new contribution. Data collection is done in two ways, namely directly and indirectly measurement. Direct measurement is done by varying the level of the launcher angle in the parabolic motion experiment modeling tool. Indirect measurement is used to determine the accuracy and precision of the parabolic motion experiment modeling tool. Data of the measurement results were analyzed with descriptive statistics in the form of graphs and tables. Based on data analysis, it can be stated that there are three research results. First, the main performance specifications of the parabolic motion experiment modeling tools include: the tool frame size is 14x15x22.5 cm³ and the regulator of elevation angle is done by using the MG995 servo motor. Second, the average accuracy of the experimental results of the modeling tool is 97.38%, while the its average accuracy is 98.59%. Third, the change in elevation angle influences on the time to reach the peak point, maximum height, and time when reaching the maximum distance. The greater the elevation angle causes the value of the time to reach peak point, the maximum height value, and the time to reach the maximum distance also greater. The elevation angle also affects to the maximum distance. From the result of the analysis, it can be confirmed that the maximum distance is obtained when the elevation angle is 45°.

Keywords : Modeling Tool, Video Analysis, Parabolic Motion, Tracker Software



This is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2018 by author and Universitas Negeri Padang.

PENDAHULUAN

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu yang berkontribusi dalam perkembangan teknologi pada saat ini. Fisika memiliki peranan penting dalam perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) yang sejalan dengan perkembangan kebutuhan manusia. Eksperimen penting didalam fisika. Ditinjau dari pengertian fisika, fisika merupakan suatu ilmu pengetahuan eksperimental^[1]. Fisika dikembangkan berdasarkan dari pengukuran besaran-besaran fisika^[2]. Sebagai tambahan, fisika didasarkan pada observasi-observasi eksperimental^[3].

Salah satu fenomena gerak dalam fisika yang menarik dan banyak ditemui dalam kehidupan sehari-hari adalah gerak parabola. Pentingnya instrument gerak parabola adalah untuk memahami berbagai macam konsep-konsep gerak parabola. Pada pengukuran secara manual, parameter yang terukur hanya sebatas mengukur waktu dari posisi awal sampai ke

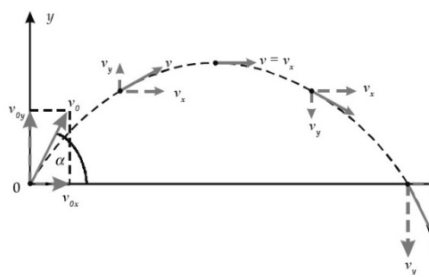
posisi titik terjauh dan jarak ke titik terjauh, sedangkan untuk menentukan jarak tertinggi tidak bisa diukur. Dalam pemahaman konsep, pengaruh sudut terhadap titik tertinggi itu penting. Bentuk lintasan parabola didalam pemahaman konsep masih abstrak. Dengan menganalisis video di *tracker*, visualisasi besaran-besaran gerak parabola dapat diukur dengan baik dan dipahami dengan baik.

Dari kegiatan observasi yang dilakukan langsung oleh peneliti di beberapa sekolah menengah atas di Kota Padang, hanya beberapa sekolah yang mempunyai alat eksperimen gerak parabola. Di SMA Negeri 10 Padang terdapat alat eksperimen gerak parabola. Alat yang dimiliki tersebut masih berbentuk manual, yang terdiri dari dua buah papan dudukan dan terdapat busur penyangga yang di gunakan untuk mengukur besar sudut kemiringannya. Di SMA Negeri 2 Padang, alat eksperimen gerak parabola tidak ada. Pemahaman materi gerak parabola hanya berdasarkan materi yang disampaikan

oleh guru dan memperlihatkan simulasi melalui virtual laboratorium. Alat eksperimen gerak parabola tidak ada sehingga eksperimen di laboratorium tidak terlaksana. Sementara itu, di SMA Negeri 5 Padang juga tidak terdapat alat eksperimen gerak parabola. Kegiatan pembelajaran yang dilakukan hanya dengan memberikan demonstrasi peristiwa gerak parabola oleh guru tanpa melalui proses percobaan eksperimen di Laboratorium. Di Laboratorium Fisika Dasar, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang juga tidak terdapat alat eksperimen gerak parabola. Hal ini dikarenakan gerak parabola tidak menjadi materi eksperimen di laboratorium.

Berdasarkan kenyataan yang telah diuraikan muncul kesenjangan antara kondisi ideal dan kondisi nyata, diantaranya tidak adanya alat eksperimen yang menyebabkan terkendalanya kegiatan eksperimen di laboratorium, peralatan eksperimen yang ada masih berbentuk manual sehingga tidak efektif saat digunakan. Pengembangan kegiatan eksperimen fisika dengan analisis video dan *tool* pemodelan *tracker* adalah salah satu solusi yang dipandang relevan pada pendidikan abad ke-21. Solusi ini menerapkan teknologi digital untuk menguasai fisika dan dapat menghasilkan data parameter gerak yang lebih akurat sehingga eksperimen gerak parabola bisa terlaksana dengan baik dan efektif^[4].

Gerak parabola adalah gerak dalam dua dimensi dari peluru yang dilempar miring ke atas. Dalam kondisi ideal, gerak ini terjadi dalam ruang hampa, sehingga pengaruh udara pada gerakan peluru dapat diabaikan^[5]. Gerak parabola dipandang dalam dua arah, yaitu gerak pada sumbu-x yang merupakan gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak pada sumbu-y yang merupakan gerak lurus berubah beraturan (GLBB)^[6]. Lintasan gerak parabola dapat di perhatikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lintasan Gerak Parabola

Gerak pada arah horizontal (sumbu-x) adalah gerak lurus beraturan karena pengaruh gaya gravitasi bumi tidak ada sehingga kecepatan benda pada sumbu-x adalah konstan, maka berlaku persamaan:

$$v_x = v_0 \cos \alpha \quad (1)$$

Jarak yang ditempuh oleh benda ditentukan oleh persamaan:

$$x = v_x t = v_0 \cos \alpha t \quad (2)$$

Gerak pada arah vertikal (sumbu-y) adalah gerak lurus berubah beraturan. Gaya gravitasi bumi

menyebabkan kecepatan benda mengalami perubahan. Arah gerak benda vertikal ke atas, sehingga kecepatan gerak pada setiap titik dituliskan dengan persamaan berikut:

$$v_y = v_{0y} - gt \quad (3)$$

Karena $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$, diperoleh persamaan berikut:

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt \quad (4)$$

Perubahan posisi benda pada sumbu-y dapat ditentukan dengan persamaan (5):

$$y = v_{0y} t - \frac{1}{2} gt^2 \quad (5)$$

Atau

$$y = v_0 \sin \alpha t - \frac{1}{2} gt^2 \quad (6)$$

Pada saat benda mencapai tinggi maksimum, maka kecepatan arah vertikal sama dengan nol. Adapun waktu saat mencapai titik puncak dapat ditentukan oleh persamaan:

$$t_p = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} \quad (7)$$

Sementara itu, tinggi maksimum ditentukan oleh persamaan:

$$h_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad (8)$$

Pada saat benda menyentuh tanah, posisi vertikal benda adalah nol. Adapun waktu saat mencapai jarak maksimum dapat ditentukan oleh persamaan:

$$t_{x\max} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g} \quad (9)$$

Sementara itu, jarak maksimum ditentukan oleh persamaan:

$$x_{\max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (10)$$

Berdasarkan persamaan (10), jarak maksimum benda ditentukan oleh sudut elevasi (α). Benda akan mencapai jarak maksimum jika nilai $\sin 2\alpha$ maksimum^[7].

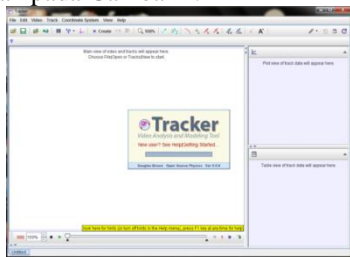
$$x_{\max} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \quad (11)$$

Nilai x_{\max} didapat untuk nilai $\sin 2\alpha$ maksimum. Hal ini berarti nilai α untuk mencapai jarak maksimum adalah 45° .

Kegiatan analisis merupakan kegiatan menguraikan struktur secara terperinci. Tujuannya adalah untuk memahami konsep dengan cara menguraikan suatu struktur^[8]. Penggalan konsep fisika melalui kegiatan analisis dapat dilakukan dengan bantuan teknologi berupa *software* berbasis analisis video kejadian fisika, yaitu *Tracker*. *Tracker* adalah sebuah perangkat lunak berbasis *open source java frame work*. *Tracker* berfungsi untuk memodelkan dan menganalisis video. *Software tracker* akan meng

analisis gerak sebuah benda didalam video dengan cara membuat jejak yang mengikuti gerak benda yang ada dalam video tersebut^[9]. Topik yang berkaitan dengan kinematika dan fenomena gerak secara umum paling sesuai untuk *software tracker*^[10].

Tracker merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis gerak benda melalui video sehingga dapat dihasilkan parameter perubahan posisi, parameter kecepatan, percepatan, energi kinetik, energi potensial, dan parameter lainnya yang dimiliki oleh objek-objek yang bergerak^[11]. *Software tracker* dapat digunakan sebagai pembantu kegiatan analisis untuk kepentingan penelitian. Peneliti dalam hal ini menggunakan *software tracker* untuk menganalisis konsep fisika tentang gerak parabola sehingga pengukuran parameter gerak benda dapat dilakukan dengan lebih teliti dan lebih akurat. Tampilan utama dari *software tracker* dapat diperhatikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan *Software Tracker*

Pengaturan sudut elevasi pada tool pemodelan gerak parabola menggunakan motor servo yang dihubungkan ke arduino, dimana saat besar sudut yang diinginkan diinput melalui *keypad* maka arduino akan memproses sinyal yang masuk sehingga motor servo akan menggerakkan pelontar dan kemiringan sudut pada pelontar akan berubah secara otomatis membentuk sudut sebesar θ . Nilai besar sudut yang digunakan akan ditampilkan pada LCD. Komponen elektronik yang mendukung pengaturan sudut yaitu arduino, motor servo, *keypad*, dan LCD.

Arduino merupakan sebuah papan rangkaian elektronik *open source* yang terdapat komponen utama didalamnya yaitu sebuah chip mikrokontroler. Mikrokontroler itu sendiri merupakan sebuah chip atau IC (*Integrated circuit*) yang bisa diprogram menggunakan computer. Program pada IC tersebut direkam yang tujuannya agar *input* terbaca pada rangkaian, diproses, dan kemudian menghasilkan output sesuai dengan yang diinginkan^[12]. Arduino yang akan digunakan pada penelitian ini adalah arduino Uno. Arduino Uno memiliki 14 pin digital *input/output*, 6 analog *input* sebuah resonator keramik 16MHz, koneksi USB, colokan *power input*, ICSP header, dan sebuah tombol *reset*.

Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* yang terdiri dari sebuah motor, serangkaian *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol^[13]. Pada motor servo posisi dari motor akan diinformasikan ke rangkaian kontrol

yang ada di dalam motor servo. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Motor servo yang digunakan adalah motor servo MG995. Motor servo ini terdiri dari 3 pin yaitu *power*, *ground*, dan sinyal.

Keypad sering digunakan sebagai suatu *input* pada beberapa peralatan yang berbasis mikro kontroler. *Keypad* yang digunakan adalah *keypad* 3x4. *Keypad* terdiri dari sejumlah saklar yang terhubung sebagai baris dan kolom. Agar mikro kontroler dapat melakukan *scan keypad*, maka *port* mengeluarkan salah satu bit dari 3 bit yang terhubung pada kolom dengan logika low "0" dan selanjutnya membaca 4 bit pada baris untuk menguji jika ada tombol yang ditekan pada kolom tersebut. Selama tidak ada tombol yang ditekan, maka mikrokontroler akan melihat sebagai logika *high* "1" pada setiap pin yang terhubung ke baris^[14].

LCD adalah *display* elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tapi memantulkan cahaya yang ada terhadap *front-lit* atau mentransmisikan cahaya dari *back-lit*. LCD terbuat dari lapisan campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan *idium oksida* yang berbentuk tampilan *seven segment* dan lapisan elektroda pada kaca belakang. LCD yang digunakan mempunyai lebar *display* 2 baris 16 kolom atau disebut juga sebagai LCD karakter 16x2 dengan 16 pin konektor yang berfungsi sebagai penampil karakter yang diinput melalui *keypad*^[15].

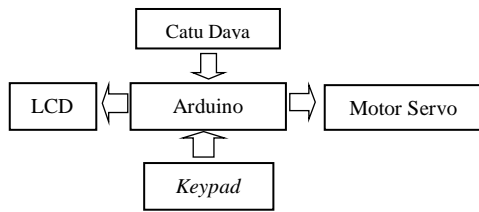
Berdasarkan keterbatasan dan kekurangan yang telah diuraikan, peneliti tertarik membuat suatu *tool* pemodelan gerak parabola dengan pengaturan sudut elevasi. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan spesifikasi performansi, spesifikasi desain, dan pengaruh perubahan sudut elevasi pada *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola. Hasil analisis akan dibandingkan menggunakan rumus yang berlaku sehingga didapatkan nilai ketepatan dan ketelitian dari *tool* pemodelan.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini tergolong ke dalam penelitian rekayasa. Kegiatan perancangan pada penelitian rekayasa melibatkan hal-hal yang relatif baru. Langkah-langkah dalam melakukan penelitian rekayasa meliputi ide-ide dan kejelasan tugas, konseptual rancangan, susunan, geometri, ke fungsian, rancangan detail, pembuatan *tool* pemodelan, dan pengujian.

Perancangan blok diagram merupakan bagian terpenting dalam pembuatan *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola. Blok diagram berisi perancangan elektronik yang akan sangat mempengaruhi kinerja dan hasil akhir *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola. Blok diagram *tool*

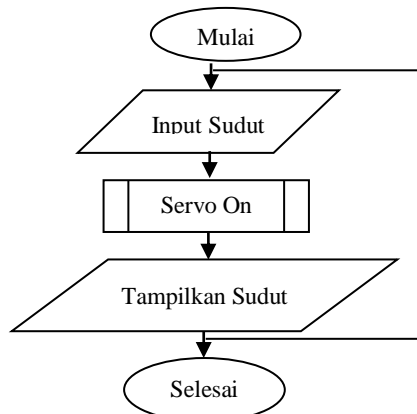
pemodelan eksperimen gerak parabola dapat di perhatikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Blok Diagram *Tool* Pemodelan Gerak Parabola

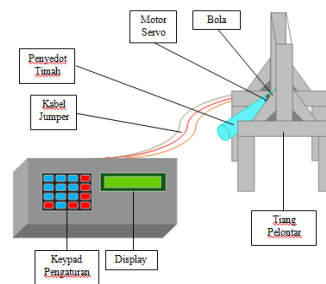
Berdasarkan Gambar 3 menjelaskan bahwa catu daya diperlukan untuk mengaktifkan arduino. *Keypad* digunakan untuk menginput nilai sudut. Program pada arduino akan menggerakkan motor servo. LCD akan menampilkan besar sudut yang digunakan. Perancangan blok diagram merupakan bagian terpenting dalam pembuatan *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola. Blok diagram berisi mengenai perancangan elektronik yang akan sangat mempengaruhi kinerja dan hasil akhir *tool* pe modelan eksperimen gerak parabola.

Perancangan perangkat lunak berfungsi untuk memberikan instruksi untuk menjalankan mikro kontroler. Intruksi yang diberikan berupa masukan nilai besar sudut elevasi untuk selanjutnya diproses, untuk itu diperlukan pemrograman arduino. Pem rograman arduino bertujuan agar sistem pada tool pemodelan eksperimen gerak parabola bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Desain perangkat lunak dari *tool* pemodelan gerak parabola dapat diperhatikan pada Gambar 4.



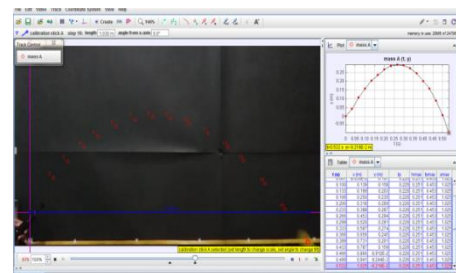
Gambar 4. Diagram Alir Perangkat Lunak

Tool pemodelan eksperimen gerak parabola ini menggunakan motor servo untuk menggerakkan pelontar yang dikaitkan pada kerangka dan box rangkaian dapat diperhatikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain Mekanik *Tool* Pemodelan Gerak Parabola

Pada Gambar 5 tampak desain mekanik *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola dengan pengaturan sudut elevasi. Motor servo dikaitkan pada pelontar. Pada *tool* pemodelan gerak parabola, besar sudut yang diinput *keypad* akan menggerakkan motor servo, sehingga sudut pada pelontar akan berubah. Gerak parabola yang terjadi selanjutnya direkam menggunakan kamera. Video hasil perekaman selanjutnya dianalisis menggunakan *tracker*. Hasil analisis *tracker* dapat ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Hasil Analisis Video pada *Software Tracker*

Berdasarkan Gambar 6 tampak bahwa benda yang bergerak pada video akan dianalisis pada *software tracker*. Hasil analisis video berupa grafik perubahan posisi, nilai kecepatan dari parameter yang telah diinputkan. Hasil analisis video pada *tracker* selanjutnya dibandingkan dengan rumus, sehingga didapatkan nilai ketepatan dan ketelitian dari *tool* pemodelan gerak parabola.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan yaitu menghasilkan sebuah *tool* pemodelan gerak parabola dengan pengaturan sudut menggunakan motor servo. Hasil dari penelitian ini meliputi spesifikasi performansi *tool* pemodelan gerak parabola, spesifikasi desain *tool* pemodelan gerak parabola, dan pengaruh perubahan sudut.

a. Spesifikasi Performansi *Tool* Pemodelan Eksperimen Gerak Parabola

Spesifikasi performansi sistem ini meliputi fungsi-fungsi dari setiap bagian *tool* pemodelan gerak parabola. Hasil *tool* pemodelan gerak parabola ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. *Tool* Pemodelan Gerak Parabola

Gambar 7 merupakan hasil *tool* pemodelan gerak parabola. Bagian-bagian dari *tool* pemodelan terdiri atas kerangka pelontar dan box rangkaian. Box rangkaian berfungsi untuk menempatkan rangkaian-rangkaian yang digunakan pada *tool* pemodelan gerak parabola. Rangkaian elektronika pembangun sistem dapat diperhatikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Pembangun Sistem

Pada Gambar 8 tampak rangkaian untuk mengoperasikan atau menjalankan sistem. Rangkaian yang terdapat yaitu rangkaian *keypad*, rangkaian LCD, dan rangkaian motor servo yang terhubung ke arduino. Bentuk box rangkaian yang digunakan dapat diperhatikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Box Rangkaian

Pada Gambar 9 tampak box rangkaian. Pada box rangkaian terdapat *keypad* dan LCD. *Keypad* digunakan untuk menginput besar sudut elevasi dan LCD digunakan sebagai tampilan. Bagian dalam box terdapat rangkaian untuk mengoperasikan atau menjalankan sistem.

b. Spesifikasi Desain *Tool* Pemodelan Eksperimen Gerak Parabola

Spesifikasi desain dari *tool* pemodelan gerak parabola ini meliputi ketepatan dan ketelitian sistem. Data ketepatan diperoleh dengan membandingkan hasil analisis video *tracker* dengan hasil perhitungan secara teoritis. Sedangkan untuk data ketelitian dengan cara melakukan pengukuran berulang sebanyak 10 kali.

Ketepatan pengaturan sudut dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dari motor servo dengan hasil pengukuran alat ukur standar yaitu busur. Data hasil pengukuran ketepatan sudut pada motor ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran Ketepatan Sudut pada Motor Servo

Sudut (Derajat)		Persentase Ketepatan(%)	Persentase Kesalahan(%)
Motor	Busur		
15 ^o	16 ^o	93,33	6,66
25 ^o	25 ^o	100,00	0,00
30 ^o	31 ^o	96,66	3,33
45 ^o	46 ^o	97,77	2,22
50 ^o	51 ^o	98,00	2,00
55 ^o	56 ^o	98,18	1,81
60 ^o	61 ^o	98,33	1,66
65 ^o	65 ^o	100,00	0,00
70 ^o	71 ^o	98,57	1,42
75 ^o	75 ^o	100,00	0,00
Rata-rata		97,90	2,09

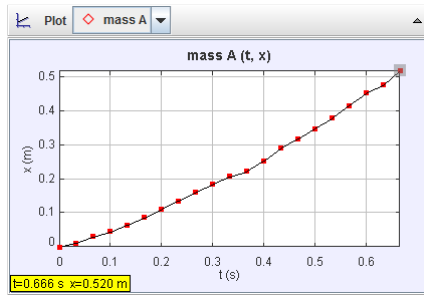
Dari Tabel 1 dapat dilihat perbandingan pengukuran alat standar dengan motor servo. Nilai ketepatan hasil pengukuran berkisar antara 93,33% hingga 100% dengan nilai persentase rata-rata 97,90%. Persentase kesalahan pengaturan sudut berkisar antara 0% hingga 6,66% dengan nilai rata-rata 2,09%. Hal ini membuktikan bahwa putaran motor servo bekerja cukup baik.

Ketepatan *tool* pemodelan gerak parabola didapatkan dari perbandingan nilai jarak maksimum, waktu saat mencapai jarak maksimum, tinggi maksimum dan waktu saat mencapai titik puncak yang dicari menggunakan rumus dengan nilai yang di analisis dari *tracker* untuk gerak parabola. Untuk data ketepatan dilakukan tiga kali percobaan dengan tiga variasi sudut. Hasil pengujian ketepatan di bandingkan pengukuran dari *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola dengan nilai yang dicari dengan rumus. Dapat diketahui bahwa nilai yang terbaca pada *tracker* dengan nilai yang dicari dengan rumus tidak jauh berbeda. Nilai persentase ketepatan rata-rata yang didapatkan dari *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola adalah 97,38% dengan persentase kesalahan 2,61%.

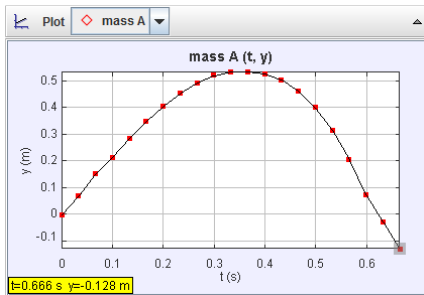
Untuk ketelitian *tool* pemodelan gerak parabola didapatkan dengan melakukan variasi sudut. Tingkat ketelitian sistem dapat diketahui dengan cara melakukan pengukuran berulang sebanyak 10 kali. Dari 10 kali percobaan dapat dilihat apakah *tracker* menunjukkan hasil yang sama atau berbeda-beda. Pengujian ketelitian dari analisis video *tracker* dilakukan pada dua percobaan. Percobaan pertama pada sudut 30^o dan percobaan kedua pada sudut 45^o. Nilai persentase ketelitian rata-rata yang didapatkan adalah 98,59%. Hal ini menunjukkan bahwa *tracker* memiliki ketelitian yang baik.

c. Pengaruh Perubahan Sudut

Pengaruh perubahan sudut pada *tool* pemodelan gerak parabola dilakukan beberapa percobaan dengan melakukan variasi sudut. *Software tracker* akan menganalisis benda yang bergerak. Grafik perubahan posisi pada sumbu-x dan sumbu-y dapat diperhatikan pada Gambar 10.

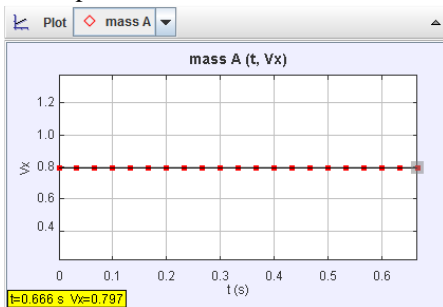


Gambar 10a. Perubahan Posisi pada Sumbu-x

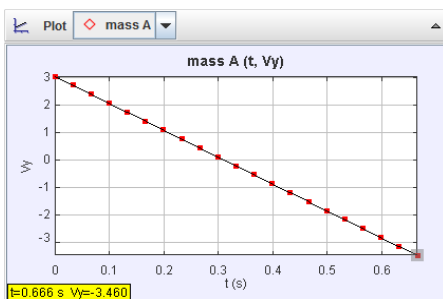


Gambar 10b. Perubahan Posisi pada Sumbu-y

Berdasarkan Gambar 10a tampak grafik perubahan posisi pada sumbu-x, perubahan posisi pada sumbu-x berbanding lurus dengan perubahan waktu. Gambar 10b merupakan grafik perubahan posisi pada sumbu-y yang membentuk lintasan gerak parabola. Grafik kecepatan pada sumbu-x dan sumbu-y dari hasil analisis video *tracker* dapat diperhatikan pada Gambar 11.



Gambar 11a. Kecepatan pada Sumbu-x

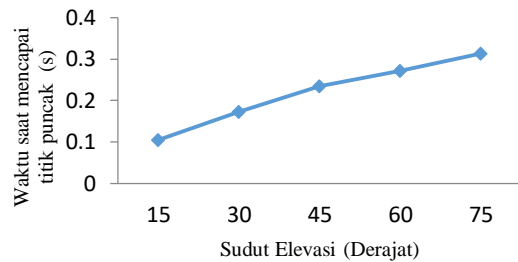


Gambar 11b. Kecepatan pada Sumbu-y

Berdasarkan Gambar 11a tampak grafik kecepatan pada sumbu-x. Gerak pada sumbu-x merupakan gerak lurus beraturan karena pengaruh

gaya gravitasi bumi tidak ada sehingga kecepatan pada sumbu-x adalah konstan. Pada Gambar 11b terlihat grafik kecepatan pada sumbu-y. Gerak pada sumbu-y merupakan gerak lurus berubah beraturan karena gaya gravitasi bumi mengakibatkan benda mengalami perubahan kecepatan.

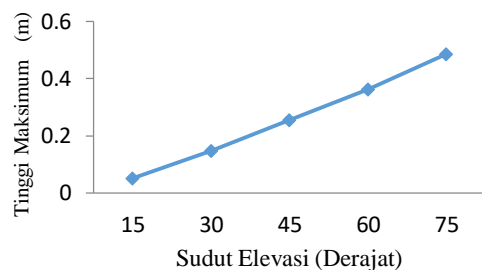
Pada percobaan yang telah dilakukan dari hasil video yang telah di analisis, dapat diketahui bahwa dalam gerak parabola perubahan sudut elevasi mempengaruhi nilai waktu saat mencapai titik puncak. Pengaruh sudut elevasi berbanding lurus terhadap waktu saat mencapai titik puncak. Hasil percobaan dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hubungan Sudut Elevasi dengan Waktu Saat Mencapai Titik Puncak

Berdasarkan Gambar 12 diketahui bahwa pengaruh perubahan sudut terhadap waktu saat mencapai titik puncak dilakukan lima kali percobaan pada sudut 15° , sudut 30° , sudut 45° , sudut 60° dan sudut 75° . Nilai waktu saat mencapai titik puncak didapatkan berturut-turut yaitu 0,105 s, 0,173 s, 0,235 s, 0,272 s, dan 0,314 s. Dari hasil grafik hubungan sudut elevasi dengan waktu saat mencapai titik puncak diketahui bahwa semakin besar sudut elevasi, maka semakin besar nilai waktu saat mencapai titik puncak.

Perubahan sudut elevasi juga berpengaruh terhadap tinggi maksimum. Pengaruh sudut elevasi berbanding lurus dengan nilai tinggi maksimum. Pengaruh perubahan sudut elevasi terhadap tinggi maksimum ditunjukkan pada Gambar 13.

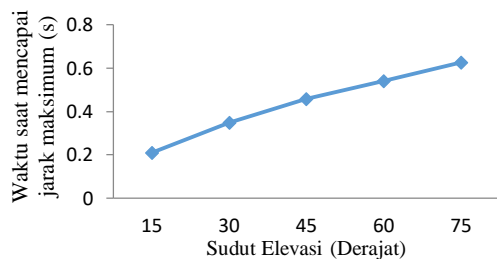


Gambar 13. Hubungan Sudut Elevasi dengan Tinggi Maksimum

Berdasarkan Gambar 13 diketahui bahwa pengaruh perubahan sudut terhadap tinggi maksimum dilakukan lima kali percobaan pada sudut 15° , sudut 30° , sudut 45° , sudut 60° dan sudut 75° . Nilai tinggi

maksimum didapatkan berturut-turut yaitu 0,051 m, 0,147 m, 0,256 m, 0,363 m, 0,483 m. Dari hasil grafik hubungan sudut elevasi dengan tinggi maksimum diketahui bahwa semakin besar sudut elevasi, maka semakin besar nilai tinggi maksimum.

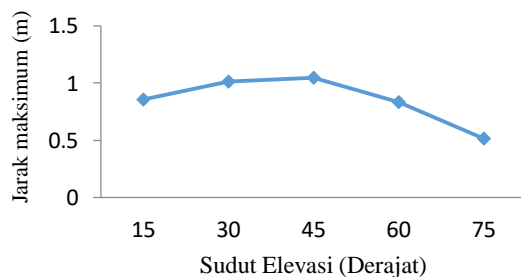
Perubahan sudut elevasi juga mempengaruhi terhadap waktu saat mencapai jarak maksimum. Pengaruh sudut elevasi berbanding lurus dengan nilai waktu saat mencapai jarak maksimum. Pengaruh perubahan sudut elevasi terhadap jarak maksimum ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Hubungan Sudut Elevasi dengan Waktu Saat Mencapai Jarak Maksimum

Berdasarkan Gambar 14 diketahui bahwa pengaruh perubahan sudut terhadap waktu saat mencapai jarak maksimum dilakukan lima kali percobaan pada sudut 15° , sudut 30° , sudut 45° , sudut 60° dan sudut 75° . Nilai waktu saat mencapai jarak maksimum didapatkan berturut-turut yaitu 0,209 s, 0,347 s, 0,457 s, 0,541 s dan 0,625 s. Dari hasil grafik hubungan sudut elevasi dengan waktu saat mencapai jarak maksimum diketahui bahwa semakin besar sudut elevasi, maka semakin besar nilai waktu saat mencapai jarak maksimum.

Perubahan sudut elevasi juga berpengaruh terhadap nilai jarak maksimum. Pengaruh perubahan sudut elevasi terhadap jarak maksimum ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Hubungan Sudut Elevasi dengan Jarak Maksimum

Berdasarkan Gambar 15 dapat diketahui bahwa pengaruh perubahan sudut terhadap jarak maksimum dilakukan lima kali percobaan pada sudut 15° , sudut 30° , sudut 45° , sudut 60° dan sudut 75° . Nilai jarak maksimum didapatkan berturut-turut yaitu 0,858 m, 1,014 m, 1,045 m, 0,832 m dan 0,529 m.

Dari hasil grafik dapat dilihat bahwa jarak maksimum diperoleh pada sudut elevasi 45° .

2. Pembahasan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan secara grafik maupun statistik telah memberikan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun hasil penelitian yang diperoleh yaitu spesifikasi performansi *tool* pemodelan gerak parabola, spesifikasi desain *tool* pemodelan gerak parabola, dan pengaruh perubahan sudut.

Hasil pertama penelitian yang telah dicapai adalah spesifikasi performansi *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola yang terdiri dari *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola yang berukuran $14 \times 15 \times 22,5 \text{ cm}^3$ dengan dudukan yang diberi kaki setinggi 20 cm dengan pengaturan sudut elevasi. Hasil dari spesifikasi performansi *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola ini layak digunakan dalam percobaan gerak parabola. Alat ini tersusun dari pelontar yang dihubungkan dengan motor servo sehingga motor servo akan menggerakkan sudut kemiringan pada pelontar. Bola yang ada pada pelontar akan dilontarkan sehingga membentuk lintasan gerak parabola. Bola yang bergerak ini menunjukkan fenomena gerak parabola. *Tool* pemodelan eksperimen gerak parabola dapat membuktikan karakteristik gerak lurus beraturan (GLB) dan gerak lurus berubah beraturan (GLBB)^[6].

Hasil kedua penelitian yang telah dicapai adalah spesifikasi desain *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola yang terdiri dari nilai ketepatan dan nilai ketelitian. Nilai persentase ketepatan rata-rata yang didapatkan dari *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola adalah 97,38% dengan persentase kesalahan 2,61%. Nilai persentase ketelitian rata-rata yang didapatkan adalah 98,59%. Nilai yang didapat menggunakan rumus dibandingkan dengan hasil analisis video *tracker*. Dari hasil ketepatan dan ketelitian yang didapat membuktikan bahwa *software tracker* layak di gunakan dalam percobaan fisika lainnya yang berhubungan dengan gerak^[11].

Hasil ketiga penelitian yang telah dicapai yaitu pengaruh perubahan sudut elevasi pada gerak parabola. Pengaruh perubahan sudut elevasi terhadap waktu saat mencapai titik puncak, tinggi maksimum, dan waktu saat mencapai jarak maksimum adalah semakin besar sudut elevasi, maka semakin besar nilai waktu saat mencapai titik puncak, nilai tinggi maksimum, dan nilai waktu saat mencapai jarak maksimum. Pengaruh perubahan sudut elevasi terhadap jarak maksimum terlihat bahwa jarak maksimum diperoleh pada sudut 45° . Hal ini dibuktikan bahwa benda akan mencapai jarak maksimum jika nilai $\sin 2\alpha$ maksimum^[7].

Pada penelitian ini masih terdapat beberapa kelemahan. Kelemahan pertama, bola masih dilontarkan secara manual sehingga saat melontarkan bola bisa saja menyebabkan sudut kemiringan pada

pelontar berubah. Kelemahan ini dapat diatasi dengan menambahkan motor pada pelontar agar bola bisa terlontar secara otomatis. Kelemahan kedua, *tool* pemodelan tidak terdapat penghitung waktu. Kekurangan ini dapat di atasi dengan menambahkan rangkaian *timer* pada *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola, sehingga ketika bola jatuh maka otomatis waktu bola saat mencapai jarak maksimum akan ditampilkan pada rangkaian *timer*. Kelemahan ketiga, pelontar pada *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola tidak dapat menahan beban yang memiliki massa yang terlalu besar, hal ini akan mengakibatkan sudut kemiringan pada pelontar berubah. Kekurangan ini dapat diatasi dengan menggunakan motor servo yang menggunakan torsi yang lebih besar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data serta pembahasan terhadap *tool* pemodelan *tracker* dari eksperimen gerak parabola dengan pengaturan sudut otomatis menggunakan motor servo dapat dikemukakan beberapa kesimpulan yaitu:

1. Spesifikasi performansi *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola berukuran $14 \times 15 \times 22,5 \text{ cm}^3$ dengan dudukan yang diberi kaki setinggi 20 cm, dengan motor servo yang terpasang untuk menggerakkan pelontar dan rangkaian pengaturan sudut yang tersusun dari Arduino, keypad sebagai masukan, dan LCD sebagai *display*.
2. Spesifikasi desain *tool* pemodelan eksperimen gerak parabola terdiri dari nilai persentase ketepatan rata-rata yang didapatkan adalah 97,38% dengan persentase kesalahan 2,61% dan nilai persentase ketelitian rata-rata yang di dapatkan adalah 98,59%.
3. Pengaruh perubahan sudut elevasi yaitu terhadap waktu saat mencapai titik puncak, ketinggian maksimum, dan waktu saat mencapai jarak maksimum, dan jarak maksimum. Semakin besar sudut elevasi, maka semakin besar nilai waktu saat mencapai titik puncak, nilai tinggi maksimum, dan nilai waktu saat mencapai jarak maksimum. Pengaruh sudut terhadap nilai jarak maksimum terlihat pada hasil pengukuran bahwa jarak maksimum diperoleh saat sudut kemiringan sebesar 45^0 .

DAFTAR PUSTAKA

[1] Young, Hugh. D. 2012. *College Physics. 9th Edition*, Addison-Wesley.

[2] Halliday, David., Resnick, Ribert., Walker, Jearn. 2011. *Fundamental of Physics. 9th Edition*. John Wiley & Sons, Inc, United States of America.

[3] Zitzewitz, Paul. G. 2005. *Physics: Principles and Problems*. The McGraw-Hill Companies, Inc, United States of America.

[4] Asrizal, dkk. *Studi Hasil Pelatihan Analisis Video dan Tool Pemodelan Tracker pada Guru MGMP Fisika Kabupaten Agam*. dalam Jurnal Eksata Pendidikan (JEP) Vol.2, p-ISSN: 2614-1221e-ISSN: 2579-806, Universitas Negeri Padang, Mei 2018.

[5] Halliday, dkk. 2010. *Fisika Dasar edisi 7 jilid 2*. Jakarta: Erlangga.

[6] Afifah, Disah Nur, dkk. 2015. *Metode Sederhana Menentukan Percepatan Gravitasi Bumi Menggunakan Aplikasi Pada Gerak Parabola Sebagai Media Dalam Pembelajaran Fisika SMA*. Prosiding Simposium Nasional Dan Pembelajaran Sains. Bandung, Indonesia.

[7] Haryadi, Bambang. 2009. *Fisika untuk SMA/MA Kelas XI*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.

[8] Harjasujana. 1987. *Proses Belajar Mengajar Membaca*. Bandung: Yayasan BHF.

[9] Fitriyanto, Indra, dan Imam Suchahyo. 2016. *Penerapan Software Tracker Video Analyzer Pada Praktikum Kinematika Gerak*. Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika (JIPF) Vol. 05 No. 03

[10] Habibullah, M., dan Madlazim. 2014. *Penerapan Metode Analisis Video Software Tracker Dalam Pembelajaran Fisika Konsep Gerak Jatuh Bebas Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Siswa Kelas X SMAN 1 Sooko Mojokerto*. Jurnal Pendidikan Fisika dan Aplikasinya. Vol. 4(1): 15-22.

[11] Brown, Douglas dan Wolfgang Christian, "Tracker". 2012 di unduh dari <http://www.opensourcephysics.org>

[12] Windarto Dan Haekal Muhammad. 2012. *Aplikasi Pengatur Lampu Lalu Lintas Berbasis Arduino Mega 2560 Menggunakan Light Dependent Resistor (LDR) Dan Laser*. Jakarta Selatan: Universitas Budi Luhur.

[13] Nasution, Randi Yusuf, dkk. 2015. *Perancangan Dan Implementasi Tuner Gitar Otomatis Dengan Penggerak Motor Servo Berbasis Arduino*. Jurnal Elektro Telekomunikasi Terapan.

[14] Wijanarko, B. 2017. *Alat Penyaring Kacang Otomatis untuk Bahan Sambel Pecel Ponorogo Berbasis Mikrokontroler Atmega16*. Ponorogo: Universitas Muhammadiyah Ponorogo.

[15] Erlita, Norma. 2015. *Aplikasi Alat Ukur Tubuh Digital Menggunakan Metode Fuzzy Logic Untuk Menentukan Kondisi Ideal Badan Dengan Tampilan LCD Dan Output Suara Untuk Tunanetra*. Jember: Universitas Jember.