

## PEMBUATAN TOOL MODELING EKSPERIMEN BIDANG MIRING DENGAN PENGONTROLAN SUDUT KEMIRINGAN OTOMATIS UNTUK ANALISIS VIDEO TRACKER

Yolla Octriany<sup>1)</sup> Asrizal<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

<sup>2)</sup>Staf Pengajar Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang  
Yollaoctriany1995@gmail.com, asrizal@fmipa.unp.ac.id

### ABSTRACT

*One of the experimental science knowledge of physics. Through experimental activities many motion phenomena can be observed, such as the dynamics of motion. One of the dynamics phenomenon of motion that can be done is the motion experiment in the inclined plane. From the observation results, it is known that the motion experiments on the incline were still done manually, namely changing the slope angle and measuring the time on the incline plane experiment still manually to determine the coefficient of kinetic friction, speed, acceleration, and rope tension. The previous set of sloping field experiments had limitations in displaying the results of measurements of physical quantities. One solution to solve the problem was to make modeling tool and analyze it with tracker software. The aims of this research were determine the specification of the performance of experimental modeling tools on the inclined plane, determine the value of kinetic friction coefficient, determine the value of accuracy and accuracy, and determine the effect of changes in tilt angle. This research was a type of engineering research. Engineering research is a design activity that involves things that are relatively new, both in the form of processes or products or prototypes. Data collection was done in two ways, namely through direct and indirect measurement. The direct measurement results of this research were the value of the change in the tilt angle and the indirect measurement results are the values of kinetic friction coefficient, velocity, acceleration, and rope tension in the video software tracker data analysis technique. Based on the results of data analysis four research results can be stated. First, the specification of the performance of the modeling tool on the sloping plane experimental plane with a sliding plane with a length of 50 cm and a width of 10 cm and a base with a length of 40 cm and a width of 10 cm. NEMA 17HS Stepper Motor is used for tilt angle control. Second, the value of the kinetic friction coefficient carried out with the object launch experiment was 0.265. Third, the accuracy value is 93.00% and the accuracy result is 97.00%. Fourth, the greater the tilt angle, the smaller the speed and acceleration values. The value of the rope tension, the greater the angle of inclination, the greater the value of the rope tension.*

**Keywords :** *Physics experiment, Inclined plane, Video analysis, 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 memiliki peranan penting dalam perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Fisika merupakan ilmu dasar yang memiliki karakteristik yang mencakup bangun ilmu yang terdiri atas fakta, konsep, prinsip, hukum, postulat, dan teori serta metodologi keilmuan<sup>[1]</sup>. Eksperimen merupakan hal penting dari Fisika. Fisika merupakan bagian dari ilmu pengetahuan eksperimental<sup>[2]</sup>.

Salah satu fenomena gerak yang terjadi dalam fisika adalah dinamika gerak pada bidang miring dengan katrol. Permasalahan ini merupakan contoh penerapan Hukum Kedua Newton yaitu gerak dua buah benda yang dihubungkan dengan katrol dan tali. Hukum Kedua Newton sendiri menjelaskan tentang gaya yang bekerja pada benda memiliki nilai laju perubahan momentum yang sama<sup>[3]</sup>. Massa katrol dan massa tali diabaikan, maka dapat dihitung nilai percepatan dan tegangan tali.

Pentingnya eksperimen fenomena gerak pada bidang miring untuk mengetahui proses dan gejala pada fenomena gerak pada bidang miring dan untuk membuktikan kebenaran dari teori yang telah dipelajari. Kegiatan eksperimen maka gambaran fenomena fisika dari sebuah teori dapat dipahami. Eksperimen gerak pada bidang miring dapat dilakukan dengan melibatkan suatu sistem pengukuran yang merupakan gabungan aktivitas, prosedur, alat ukur, perangkat lunak, dan subjek.

Eksperimen Fisika tentang gerak pada bidang miring di Laboratorium FMIPA UNP biasanya dilakukan dengan menggunakan set eksperimen bidang miring. Hasil eksperimen diperoleh beberapa kekurangan dari alat eksperimen bidang miring yang digunakan. Pertama, terbatasnya besaran fisika yang dapat diukur menggunakan set eksperimen bidang miring. Kedua, keterbatasan dalam menampilkan suatu sistem pengukuran. Ketiga, untuk mengatur sudut kemiringan pada bidang miring masih menggunakan

cara manual sehingga akan terjadi kesalahan pada pengukuran berulang.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan langsung oleh peneliti di beberapa sekolah menengah atas di kota Padang, rata-rata sekolah menyediakan alat eksperimen gerak pada bidang miring. Di SMA Negeri 10 Padang terdapat alat eksperimen gerak pada bidang miring. Adapun alat yang dimiliki tersebut masih berbentuk manual, yang terdiri dari papan luncur untuk menjadi bidang luncurnya. Di SMA Negeri 5 Padang juga terdapat alat eksperimen gerak pada bidang miring. Akan tetapi, pada sekolah ini tidak dilakukan eksperimen fisika. Di SMA Negeri 3 Padang juga terdapat alat eksperimen untuk gerak pada bidang miring. Sama dengan sekolah yang lain alat eksperimennya masih bersifat manual, dimana ketika kita mengubah sudut papan luncurnya harus diubah secara manual.

Berdasarkan fakta yang telah terurai muncul beberapa masalah. Masalah pertama, terbatasnya be-  
sarasan fisika yang dapat diukur menggunakan set eks-  
perimen bidang miring sebelumnya dan keterbatasan  
dalam menampilkan suatu sistem pengukuran. Eks-  
perimen bidang miring yang dilakukan hanya bisa  
menampilkan dua besaran fisika, yaitu nilai keting-  
gian dan waktu. Saat eksperimen juga tidak bisa me-  
nampilkan grafik dari data. Masalah yang kedua, me-  
nghilangkan getaran yang tidak diinginkan saat  
bidang luncur bergerak. Masalah ketiga, mengubah  
sudut ke miringan pada bidang miring masih manual.

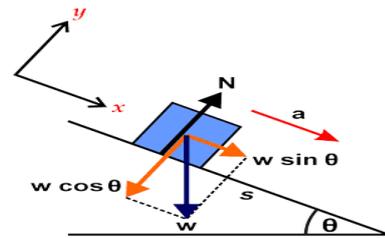
Solusi dari masalah adalah mengembangkan  
kegiatan eksperimen bidang miring yang dilakukan  
dengan cara menganalisis video gerak dari kejadian  
fisika. Hal ini karena materi bidang miring adalah  
materi yang berkaitan dengan gerak. Kejadian dari  
bidang miring dari dua beban dihubungkan dengan  
katrol, tali dan dianalisis menggunakan aplikasi *video  
tracker*. Solusi ini sesuai dengan abad ke-21 karena  
teknologi digital untuk menguasai konsep-konsep  
fisika dilatih untuk diterapkan. dan didapatkan data  
para meter gerak yang lebih akurat sehingga  
eksperimen bidang miring terlaksana dengan baik  
dan efektif<sup>[4]</sup>.

*Software* yang dapat digunakan dalam pe-  
nelitian merupakan *software tracker*. *Software* ini  
dapat ini dapat membaca kedudukan objek yang  
bergerak dari video yang diinput ke dalam *software*  
tersebut. *Software* ini juga dapat diguakan untuk  
memperoleh data kecepatan dan percepatan disetiap  
kedudukan atau disetiap segmen demi segmen video.  
*Software tracker* memiliki fasilitas pengkalibrasian,  
sehingga hasil ukur yang diperoleh akan sangat  
mendekati kenyataan<sup>[5]</sup>. Mempelajari suatu fenomena  
dengan *software* ini akan menjadi mudah, karena  
dapat dilakukan di rumah dan hanya memerlukan  
peralatan yang sederhana. Hal ini karena *software  
tracker* me nyediakan pengukuran yang diperlukan.

*Tracker* merupakan gabungan antara model  
komputer dengan video. *Software* ini didukung sum-

ber daya digital untuk menganalisis video yang telah  
direkam<sup>[6]</sup>. Data eksperimen dapat ditampilkan pada  
*tool-tool* yang disediakan di *software tracker*.  
Keterampilan representasi data dalam konteks fisika  
dapat dilatih dengan *software tracker*<sup>[7]</sup>.

Sebuah benda di bidang miring memiliki  
komponen gaya berat yang sejajar dengan arah  
luncuran benda pada bidang miring tersebut. Kom-  
ponen gaya ini menarik benda untuk meluncur,  
sedangkan gaya gesek berarah sebaliknya. Pada  
Gambar 1 dapat dilihat, ketika benda bergerak, maka  
gaya gesek yang bekerja ialah gaya gesek kinetis.



Gambar 1. Diagram Gaya

Berdasarkan Gambar 1, sebuah benda bermassa  $m$   
diletakkan pada suatu bidang dengan sudut ke  
miringan tertentu dalam keadaan diam dan kemudian  
meluncur dengan percepatan sebesar  $a$ , maka gaya  
gesek antara permukaan benda dan bidang adalah  
gaya gesek kinetis. Perbandingan antara gaya gesek  
kinetis dengan gaya normal mempunyai nilai yang  
relatif konstan disebut koefisien gesek kinetis.

Komponen gaya pada arah  $x$  dapat dijabarkan  
sebagai berikut:

$$\sum F_x = ma \quad (1)$$

Resultan gaya yang terjadi pada M1 dijabarkan  
menjadi:

$$mg \sin \theta - f_k = ma \quad (2)$$

$$mg \sin \theta - \mu_k mg \cos \theta = ma$$

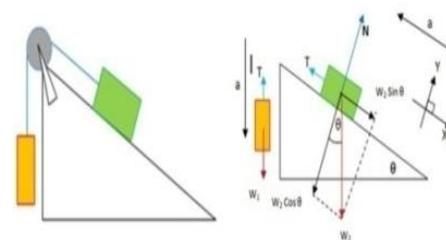
Persamaan (2) dapat dibuat dalam bentuk percepatan:

$$g(\sin \theta - \mu_k \cos \theta) = a \quad (3)$$

Dengan demikian, diperoleh persamaan untuk me-  
nentukan koefisien gesek kinetis ( $\mu_k$ ) yakni (4):

$$\mu_k = \tan \theta - \frac{a}{g \cos \theta} \quad (4)$$

Nilai tegangan tali dari sebuah bidang miring  
didapatkan dengan cara mensubstitusikan salah satu  
dari persamaan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Gaya dengan Katrol

Berdasarkan Gambar 2, komponen gaya pada bidang luncur dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\sum F_x &= ma \\ T - W_x - fg &= m_2 a \\ T - W \sin \alpha - \mu_k \times W \cos \alpha &= m_2 a\end{aligned}\quad (5)$$

Komponen gaya pada benda yang menggantung dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$W_1 - T = m_1 a \quad (6)$$

Untuk mendapatkan persamaan dari nilai percepatan maka dua persamaan yaitu persamaan (5) dan (6) disubstitusikan dan dieliminasi:

$$\begin{aligned}T &= m_1 g - m_1 a \\ T &= m_2 a + m_2 g \sin \alpha + \mu_k m_2 g \cos \alpha \\ m_1 g - m_1 a &= m_2 a + m_2 g \sin \alpha + \mu_k m_2 g \cos \alpha \\ m_2 a - m_2 g \sin \alpha - \mu_k m_2 g \cos \alpha &= m_1 g + m_1 a \\ a &= \frac{m_1 g - m_2 g \sin \alpha - fg}{m_1 + m_2}\end{aligned}\quad (7)$$

Untuk mendapatkan persamaan dari nilai tegangan tali maka bisa diperhatikan persamaan (7):

$$\begin{aligned}T &= m_1 g - m_1 a \\ T &= m_1 g - m_1 \left( \frac{m_1 g - m_2 g \sin \alpha - fg}{m_1 + m_2} \right)\end{aligned}\quad (8)$$

Berdasarkan persamaan 8, didapatkan bahwa persamaan tegangan tali yaitu massa benda pertama dikali dengan percepatan gravitasi lalu dikurang dengan massa benda pertama dan dikali dengan nilai percepatan yang sudah didapatkan pada persamaan 7.

*Tool modeling* eksperimen bidang miring ini memiliki pengontrolan sudut kemiringan. Pengontrolan merupakan penggabungan beberapa rangkaian elektronika yang membentuk sistem saling terkait<sup>[8]</sup>. Sudut kemiringan diatur secara otomatis menggunakan motor *stepper*. Cara mengatur sudut dengan motor *stepper* ini dengan cara menginputkan nilai sudut pada TFT LCD. Nilai yang telah diinputkan pada TFT LCD menyampaikan perintahnya ke arduino. Arduino memproses untuk mengirimkan sinyal ke motor *stepper* untuk merubah sudut.

Arduino Uno merupakan arduino *board* yang menggunakan mikrokontroler Atmega328. Arduino uno memiliki sebuah koneksi USB, 14 pin digital, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah header ICSP 6 *input* analog, sebuah konektor sumber tegangan, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler<sup>[9]</sup>. Arduino dihubungkan ke komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat membuatnya bekerja<sup>[10]</sup>.

Motor *stepper* berputar dengan step yang tepat sesuai dengan nilai sudut yang telah diprogram<sup>[11]</sup>. Struktur motor *stepper* memiliki rotor dan stator. Rotor merupakan magnet tetap dan stator merupakan penghasil elektromagnet atau magnet. Medan magnet diberi tegangan dari suatu medan magnet ke yang lainnya secara memutar<sup>[12]</sup>.

TFT adalah singkatan atau kepanjangan dari *Thin Film Transistor*, merupakan jenis layar LCD handphone atau smartphone yang umum dari tipe lainnya. Selain itu TFT juga dapat diartikan salah satu tipe layar *Liquid Crystal Display* (LCD) yang datar, dimana tiap-tiap pixel dikontrol oleh satu hingga empat transistor. Teknologi ini menyediakan solusi terbaik dari teknik panel data. TFT LCD sering disebut juga *active-matrix LCD*. Layar ini menampilkan gambar yang kaya warna dan permukaannya sensitif terhadap sentuhan.

*Power supply* digunakan sebagai sumber tenaga dan juga sumber power untuk mengoperasikan motor *stepper*. *Power supply* mempunyai dua buah port keluaran yaitu port positif dan negatif, port tersebut yang dihubungkan dengan driver motor *stepper* dan motor *stepper*. *Power supply* dipakai untuk memberikan tegangan sebesar 12 V untuk menjalankan motor *stepper*. Hal ini dikarenakan motor *stepper* dapat beroperasi dengan memberikan tegangan sebesar 12 V.

Keunggulan dari *tool modeling* bidang miring dengan pengaturan perubahan sudut kemiringan secara otomatis dapat mempermudah kegiatan eksperimen bidang miring, sehingga bidang miring tidak dilakukan secara manual. *Software tracker* dapat menampilkan grafik dan membuktikan penerapan hukum kedua newton, sehingga didapatkan parameter koefisien gesek kinetis, percepatan, dan tegangan tali menggunakan grafik.

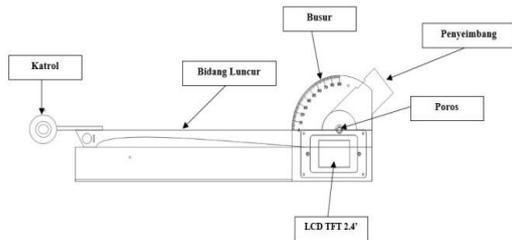
Berdasarkan masalah yang telah diuraikan, maka peneliti tertarik membuat suatu *tool modeling* bidang miring dengan pengontrolan sudut kemiringan otomatis. Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat sebuah *tool modeling* bidang miring yang memiliki ukuran alas dengan panjang 40 cm. Ukuran bidang luncur dengan panjang 50 cm. Hasil analisis dari *tool modeling* bidang miring akan dibandingkan menggunakan rumus yang berlaku sehingga didapatkan nilai koefisien gesek kinetis, nilai ketepatan, dan nilai ketelitian dari *tool modeling*. Grafik yang ditampilkan pada *tracker* terdiri dari pengaruh perubahan sudut kemiringan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang. Jenis penelitian ini termasuk jenis penelitian rekayasa<sup>[13]</sup>. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu laptop untuk menjalankan aplikasi *tracker*, kamera untuk merekam video, *software tracker* untuk menganalisis video dinamika gerak bidang miring yang telah direkam dan *tool modeling* bidang miring dipasang motor *stepper* untuk mengatur sudut, TFT LCD sebagai input dan output nilai sudut. Pada penelitian ini digunakan pengontrolan sistem terbuka, karena besaran keluaran tidak memberikan efek terhadap masukan pada sistem kontrol ini<sup>[14]</sup>.

Perancangan alat yang penulis lakukan ada dua jenis yaitu meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Desain perangkat keras ini terdiri dari rancangan rangkaian elektroniknya. Sementara rancangan perangkat lunaknya yaitu menganalisis video dari hasil percobaan gerak bidang miring menggunakan *software tracker*. Perancangan mekanik merupakan perancangan bentuk alat yang dibuat.

Rancangan detail dari *tool* permodelan gerak pada bidang miring berupa rancangan *hardware* dan *software*. Rancangan *hardware tool* permodelan gerak pada bidang miring dapat dilihat pada Gambar 3.

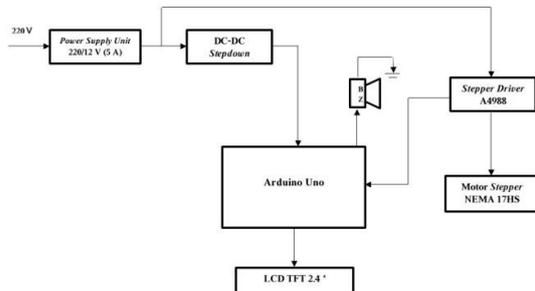


Gambar 3. *Tool Modeling* pada Bidang Miring Tampak Bagian Luar

Perancangan dari pembuatan *tool modeling* pada bidang miring akan dirancang secara otomatis, otomatis yang dimaksud disini adalah sudut pada bidang miring dapat divariasikan. Sistem kerja perubahan sudut pada bidang miring ini tersebut dapat divariasikan menggunakan motor *stepper*. Input dari *tool modeling*nya adalah TFT LCD, TFT LCD berfungsi untuk memasukkan dan menampilkan berapa besar sudut bidang miringnya akan berubah secara otomatis sesuai yang diinginkan.

Pemasangan motor *stepper* dipasang pada bagian sisi yang menjadi bidang luncur dari alat. Cara pemasangan dari motor *stepper* akan dipasang pada bagian penyangga dari bidang luncur bidang miring. Penyangga ini didesain seperti cara kerja tuas siku-siku yang ada pada tuas jendela, pergerakan dari tuas siku-siku ini dibuat flexibel sehingga bisa berubah sesuai yang diinginkan. Ketika motor *stepper* mengalami perubahan sudut maka bidang luncur dari bidang miring juga akan ikut berubah.

Blok diagram diperlukan untuk membuat suatu sistem berjalan dengan seharusnya. Blok diagram dapat diperhatikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Blok Diagram Pembuatan *Tool Modeling* Bidang Miring

Berdasarkan Gambar 4, dapat dideskripsikan bahwa catu daya diperlukan untuk mengaktifkan motor

*stepper* dan arduino dengan listrik dari PLN. DC-DC step down disini berfungsi sebagai adaptor untuk menurunkan tegangan 12 V menjadi 5 V yang akan diteruskan ke arduino. Sementara itu tegangan 12 V catu daya yang diteruskan langsung ke driver *stepper*. Sudut kemiringan bidang miring dapat divariasikan menggunakan motor *stepper*. Input dari *tool mode* lingnya adalah TFT LCD 2,4”.

Prosedur penelitian yang dilakukan digambarkan dengan diagram alir penelitian. Diagram alir dibuat disesuaikan dengan langkah-langkah yang ada pada jenis penelitian. Diagram alir penelitian dapat diperhatikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir

Berdasarkan Gambar 5, dapat dijelaskan tentang tahapan-tahapan penelitian rekayasa yaitu menentukan ide pembuatan *tool modeling* yang menarik dan sesuai bidang kajian dipilih dan dituangkan dalam bentuk tulisan. Ide yang telah dipilih, disusun menjadi suatu konsep rancangan. Konseptual rancangan merupakan tahap realisasi dari ide. Melalui konseptual rancangan, sistem dapat disusun dengan membuat blok diagram.

Pembuatan *tool modeling* dibuat sesuai rancangan detail. Tahap terakhir yaitu pengujian baik ketelitian maupun ketepatan dari sistem. Pada tahap ini telah terbentuk produk jadi sesuai dengan ide awal yang dipilih. Hasil-hasil akhir diperoleh dari penelitian ini dapat digunakan untuk perbaikan dalam metode maupun prosedur pengujian dan perbaikan dalam kegiatan perancangan itu sendiri.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Kajian teori dan penelitian yang telah dilakukan menghasilkan sebuah *tool modeling* bidang miring dengan pengontrolan sudut kemiringan otomatis. Hasil dari penelitian ini tidak jauh berbeda dari rancangan yang telah penulis kemukakan. Melalui pengolahan data dapat dilihat hubungan antara variabel-variabel yang diukur. Analisis data yang dilakukan secara pengukuran maupun ketepatan dan ketelitian dari alat ini. Penyajian data yang diperoleh dapat ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil pengolahan dari analisis dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

## 1. Hasil Penelitian

### a. Spesifikasi Performansi *Tool Modeling* Set Eksperimen pada Bidang Miring

Spesifikasi performansi dari *tool modeling* eksperimen bidang miring meliputi hasil perancangan mekanik, pengontrolan dan *software* yang digunakan. Perancangan mekanik meliputi bagian-bagian penyusun dari *tool modeling* bidang miring. Hasil spesifikasi performansi *tool modeling* eksperimen bidang miring yang telah dirancang dapat ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Set Eksperimen pada Bidang Miring

Berdasarkan Gambar 6, dapat dijelaskan bahwa *tool modeling* bidang miring terbuat dari akrilik. Set eksperimen terdiri dari dua buah bidang, ukuran dari panjang bidang alas memiliki panjang 40 cm dan ukuran panjang yang menjadi bidang luncur memiliki panjang 50 cm. Set eksperimen bidang miring diberi warna hitam dan merah.

Set eksperimen pada bidang miring terdapat sebuah katrol yang berfungsi untuk menghubungkan dua buah beban menggunakan tali penghubung. Pada set *tool modeling* bidang miring terdapat sebuah katrol dengan diameter 4 cm. Pada percobaan yang dilakukan katrol pada bidang miring diabaikan. Katrol berfungsi untuk menggantungkan dua buah beban yang berbentuk balok dan memiliki ukuran panjang 8 cm, lebar 4 cm, dan tinggi 4 cm. Beban yang ada pada bidang miring dibuat dengan bentuk balok yang kosong agar beratnya bisa divariasikan sesuai keinginan agar lebih flexibel. Pada *tool modeling* bidang miring, sudut kemiringan akan di kontrol secara otomatis menggunakan motor *stepper*. Komponen penyusun pengaturan sudut kemiringan otomatis dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Komponen Penyusun Pengaturan Sudut Kemiringan Otomatis

Berdasarkan Gambar 7, komponen terdiri dari *power supply unit* 12 V 5 A, motor *stepper*, dan TFT LCD. Komponen-komponen ini yang digunakan untuk mengatur sudut kemiringan secara otomatis.

*Power supply* digunakan sebagai sumber tegangan untuk mengoperasikan motor *stepper*. Tegangan yang dibutuhkan untuk menghubungkan driver motor *stepper* dan motor *stepper* yaitu sebesar 12 V. Motor *stepper* yang digunakan untuk pengaturan sudut ke miringan otomatis adalah motor *stepper* NEMA 17 Hs. Motor *stepper* ini menggunakan tipe driver motor *stepper* A4988 untuk pengendalinya. TFT LCD di gunakan untuk input dan output.

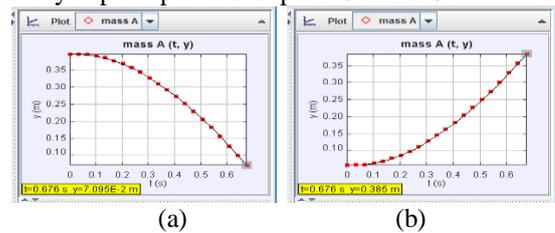
### b. Nilai Koefisien Gesek Kinetis *Tool Modeling*

Nilai koefisien gesek kinetis dari *tool modeling* set eksperimen bidang miring ini didapatkan dengan cara melakukan eksperimen benda di luncurkan pada papan luncur. Eksperimen benda yang dijatuhkan pada bidang miring untuk mendapatkan nilai koefisien gesek kinetis tersebut. Sudut kemiringan pada set eksperimen yang digunakan adalah sudut  $25^\circ$ .

Nilai koefisien gesek kinetis didapatkan dengan menginputkan rumus koefisien gesek kinetis pada *tracker*. Nilai koefisien gesek kinetis yang didapat adalah konstan sebesar 0,265. Semakin besar sudut yang divariasikan maka semakin besar pula nilai koefisien gesek kinetisnya. Nilai koefisien gesek kinetis yang didapatkan dari percobaan benda yang diluncurkan inilah yang digunakan untuk eksperimen gerak benda pada bidang miring menggunakan katrol dan di hubungkan dengan tali.

### c. Ketepatan dan Ketelitian *Tool Modeling*

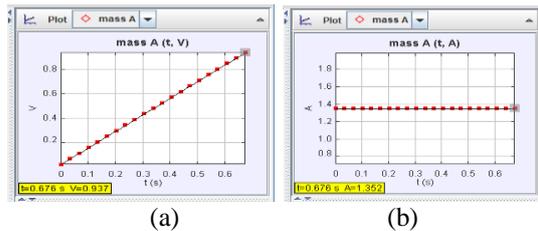
Hasil pengukuran tiga sudut digunakan untuk mencari nilai ketepatan dan ketelitian. Eksperimen pertama *tool modeling* bidang miring menggunakan sudut  $20^\circ$ . Grafik perubahan posisi benda pada koordinat  $y$  dapat diperhatikan pada Gambar 8.



Gambar 8. (a) Posisi Sebelum Dikonversi; (b) Posisi Setelah Dikonversi

Berdasarkan Gambar 8, dapat digambarkan grafik sebelum dikonversi dan sesudah dikonversi. Semakin lama waktu jatuh benda, maka semakin jauh posisi benda yang ditempuh. Hal ini membuktikan bahwa terjadi perubahan posisi pada setiap waktunya.

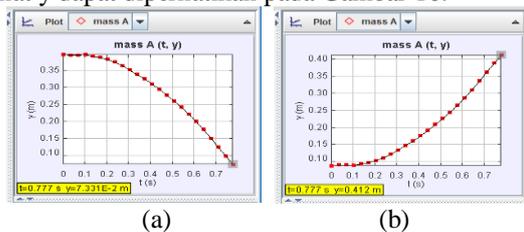
Analisis data dari *software tracker* juga menampilkan nilai grafik dari kecepatan dan percepatan. Grafik kecepatan dan percepatan dapat diperhatikan pada Gambar 9.



Gambar 9. (a) Tampilan Kecepatan; (b) Tampilan Percepatan

Berdasarkan Gambar 9, dapat dijelaskan nilai kecepatan benda adalah 0,937 m/s. Grafik kecepatan memiliki nilai berbanding lurus dengan perubahan waktu, hal ini dikarenakan benda mengalami percepatan. Nilai percepatan benda terhadap waktu adalah konstan yaitu sebesar 1,352 m/s<sup>2</sup>. Nilai tegangan tali adalah konstan sebesar 0,303. Tali pada katrol tidak mengalami mulur dan tidak slip. Pada percobaan gerak bidang miring yang dilakukan menggunakan massa benda satu sebesar 35,0 gram dan massa benda dua sebesar 42,0 gram.

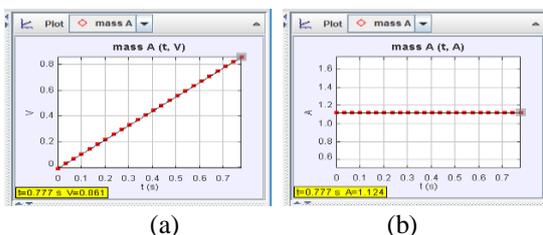
Hasil pengukuran tiga sudut digunakan untuk mencari nilai ketepatan dan ketelitian. Eksperimen pertama *tool modeling* bidang miring menggunakan sudut 25<sup>0</sup>. Grafik perubahan posisi benda pada koordinat y dapat diperhatikan pada Gambar 10.



Gambar 10. (a) Posisi Sebelum Dikonversi; (b) Posisi Setelah Dikonversi

Berdasarkan Gambar 10, dapat digambarkan grafik sebelum dikonversi dan sesudah dikonversi. Semakin lama waktu jatuh benda, maka semakin jauh posisi benda yang ditempuh. Hal ini membuktikan bahwa terjadi perubahan posisi pada setiap waktunya.

Analisis data dari *software tracker* juga menampilkan nilai grafik dari kecepatan dan percepatan. Grafik kecepatan dan percepatan dapat diperhatikan pada Gambar 11.



Gambar 11. (a) Tampilan Kecepatan; (b) Tampilan Percepatan

Berdasarkan Gambar 11, dapat dijelaskan nilai kecepatan benda adalah 0,861 m/s. Nilai percepatan benda terhadap waktu adalah konstan yaitu sebesar 1,124 m/s<sup>2</sup>. Nilai tegangan tali adalah konstan

sebesar 0,311 karena tali pada katrol tidak mulur dan tidak slip.

Eksperimen ketiga yang dilakukan dengan sudut 30<sup>0</sup>, dengan massa beban yang sama yaitu Beban pertama memiliki massa 35,0 gram dan beban kedua memiliki massa 42,0 gram. Nilai kecepatan benda adalah 0,631 m/s. Nilai percepatan benda terhadap waktu adalah konstan yaitu sebesar 0,536 m/s<sup>2</sup>. Nilai tegangan tali adalah konstan sebesar 0,331 karena tali pada katrol tidak mulur dan tidak slip.

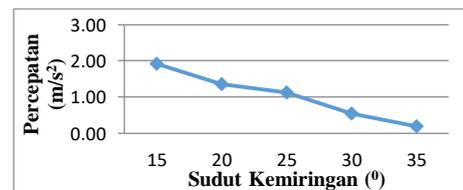
Ketepatan ini didapatkan perbandingan nilai kecepatan, percepatan, dan tegangan tali yang di analisis dari *tracker* dengan nilai yang dicari menggunakan rumus standar untuk bidang miring. Serta nilai koefisien gesek kinetis yang akan dimasukkan persamaan di *software tracker* adalah nilai yang sudah didapatkan pada eksperimen benda yang diluncurkan yang sudah dilakukan sebelumnya. Rata-rata nilai ketepatan dari hasil analisis menggunakan *software tracker* ini adalah 93,00%.

Ketelitian analisis video dengan *software tracker* inididapatkan dengan mengukur setiap kali eksperimen sebanyak 10 kali. Dari 10 kali eksperimen dapat dilihat apakah *tracker* menunjukkan angka yang sama atau berbeda-beda. Nilai ketelitian dari eksperimen bidang miring dengan melakukan pengukuran berulang sebanyak sepuluh kali maka didapatkan nilai ketelitian adalah 97,00%. Berdasarkan hasil dari nilai ketepatan dan ketelitian, aplikasi *tracker* layak digunakan dalam percobaan Fisika lainnya yang berhubungan dengan gerak.

#### d. Pengaruh Perubahan Sudut Kemiringan

Perubahan sudut kemiringan bidang miring dilakukan dengan cara memencet tombol pada TFT LCD dengan tiga variasi sudut. Arduino akan memproses sudut yang telah diinputkan dan akan menggerakkan motor *stepper* sesuai dengan nilai sudut yang tertera pada TFT LCD. Eksperimen yang dilakukan oleh peneliti adalah dengan perubahan sudut kemiringan yang akan dibuat tiga variasi. Setelah variasi sudut telah ditentukan, maka dua beban yang dihubungkan tali dan tali penghubung akan diletakkan pada katrol yang terpasang. Beban pertama memiliki massa 35,0 gram dan beban kedua memiliki massa 42,0 gram.

Pengaruh perubahan sudut kemiringan dengan nilai percepatan dapat diperhatikan pada Gambar 12.

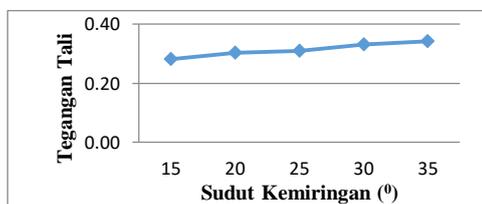


Gambar 12. Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Percepatan

Berdasarkan Gambar 12, dapat dijelaskan bahwa pada eksperimen pertama dengan sudut kemiringan 15<sup>0</sup> didapatkan nilai percepatan 1,923 m/s<sup>2</sup>, pada

eksperimen yang kedua dengan sudut kemiringan  $20^{\circ}$  di dapatkan nilai percepatan  $1.352 \text{ m/s}^2$ , pada eksperimen ketiga dengan sudut kemiringan  $25^{\circ}$  didapatkan nilai percepatan  $1.124 \text{ m/s}^2$ , pada eksperimen keempat dengan sudut kemiringan  $30^{\circ}$  didapatkan nilai percepatan  $0.536 \text{ m/s}^2$ , dan pada eksperimen kelima dengan sudut kemiringan  $35^{\circ}$  didapatkan nilai percepatan  $0,192 \text{ m/s}^2$ . Semakin besar sudut kemiringannya maka nilai percepatan yang terjadi pada benda akan semakin kecil.

Set eksperimen yang telah dilakukan dari hasil video yang telah dianalisis, perubahan sudut kemiringan juga mempengaruhi nilai tegangan tali yang terjadi pada benda. Pengaruh perubahan sudut kemiringan benda dengan nilai tegangan tali dapat diperlihatkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Tegangan Tali

Berdasarkan Gambar 13, dapat dideskripsikan bahwa pada eksperimen pertama dengan sudut kemiringan  $15^{\circ}$  didapatkan nilai tegangan tali 0.283, pada eksperimen kedua dengan sudut kemiringan  $20^{\circ}$  didapatkan nilai tegangan tali 0.303, pada eksperimen ketiga dengan sudut kemiringan  $25^{\circ}$  didapatkan nilai tegangan tali 0.311, pada eksperimen keempat dengan sudut kemiringan  $30^{\circ}$  didapatkan nilai tegangan tali 0.331, dan pada eksperimen kelima dengan sudut kemiringan  $35^{\circ}$  didapatkan nilai tegangan tali 0,343. Semakin besar sudut kemiringan maka nilai tegangan tali akan semakin besar.

## 2. Pembahasan

Berdasarkan dari analisis yang telah dilakukan dapat memberikan hasil penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil pertama yaitu spesifikasi performansi *tool modeling* bidang miring ini layak digunakan untuk percobaan gerak bidang-miring. Alat ini tersusun dari sudut bidang luncur yang dapat berubah secara otomatis menggunakan motor *step per*. Selanjutnya dua benda yang akan diletakkan di atas bidang luncur yang terhubung dengan tali dan bergerak pada katrol. Dua benda yang bergerak ini yang akan menunjukkan fenomena dinamika gerak pada bidang miring. Dinamika gerak merupakan suatu bentuk perubahan, baik itu sifatnya besar-besaran atau kecil-kecilan, maupun secara cepat atau lambat, yang sifatnya nyata dan berhubungan dengan suatu kondisi keadaan<sup>[15]</sup>.

Hasil kedua yaitu nilai koefisien gesek kinetis dari *tool modeling* pada bidang miring dengan benda diluncurkan dibuktikan menggunakan rumus yang berlaku. Rumus yang digunakan adalah rumus percepa-

tan, rumus kecepatan, dan rumus koefisien gesek kinetis. Penentuan koefisien gesek dapat dilakukan dengan cara benda diluncurkan pada bidang<sup>[16]</sup>.

Hasil dari nilai ketepatan dan ketelitian dari *tool modeling* pada bidang miring menggunakan katrol dibuktikan menggunakan rumus yang berlaku. Rumus yang digunakan adalah rumus percepatan, rumus kecepatan, dan rumus tegangan tali. Nilai yang didapat menggunakan rumus yang dibandingkan dengan hasil analisis video menggunakan *software tracker*. Perbandingan nilai yang didapatkan antara *tracker* dan teori memiliki hasil yang mendekati. Hasil ketepatan dan ketelitian yang didapat membuktikan bahwa *tracker* layak digunakan dalam eksperimen fisika memiliki hubungan dengan gerak<sup>[17]</sup>.

Hasil keempat, pengaruh perubahan sudut kemiringan akan menyebabkan perubahan nilai percepatan, kecepatan, dan tegangan tali *tool modeling* dari eksperimen bidang miring. Pengaruh perubahan sudut pada bidang miring ini juga merupakan penerapan Hukum Kedua Newton yaitu benda dihubungkan dengan katrol dan tali pada bidang miring. Hukum Kedua Newton menjelaskan gaya yang bekerja pada benda memiliki laju momentum yang sama. Massa katrol dan massa tali diabaikan, maka dapat dihitung, kecepatan, nilai percepatan dan tegangan tali<sup>[18]</sup>.

*Tool modeling* eksperimen gerak bidang miring layak digunakan untuk eksperimen fisika pada laboratorium sekolah-sekolah dan juga universitas. *Tool modeling* eksperimen bidang miring menggunakan pengontrolan sudut kemiringan otomatis, sehingga dalam eksperimen gerak bidang miring dalam mengubah sudut kemiringan tidak dilakukan secara manual. Eksperimen bidang miring yang telah dilakukan akan dianalisis menggunakan *software tracker* dapat membuktikan karakteristik dinamika gerak yang terjadi pada eksperimen bidang miring.

Penelitian ini terdapat beberapa kekurangan. Kekurangan pertama adalah dalam melakukan eksperimen gerak pada bidang miring dilakukan secara manual. Eksperimen manual ini maksudnya, keadaan benda yang diam masih harus dikondisikan keadaannya diamnya dengan memegang benda sampai benda bergerak keatas. Kekurangan ini dapat diatasi dengan menambahkan rangkaian kumparan magnet.

Kekurangan kedua adalah perbandingan waktu benda bergerak dari keadaan diam hingga bergerak pada *tracker* masih dibandingkan menggunakan *stop watch*. Kekurangan ini dapat diatasi dengan menambahkan rangkaian *timer* pada bidang miring.

Kekurangan ketiga adalah sudut yang dibuat pada *tool modeling* dari eksperimen bidang miring dibuat dengan batas maksimum perubahan sebesar  $40^{\circ}$ . Kekurangan ini dapat diatasi dengan membuat program pada arduino untuk mengatur motor *stepper*, sehingga batas maksimum perubahan sudut kemiringan bisa lebih dari  $40^{\circ}$ .

Kekurangan keempat, permukaan bidang luncur pada set eksperimen bidang miring tidak bisa di variasikan jenis permukaannya. Hal ini mengakibatkan permukaan bidang luncur yang bisa di gunakan tidak bervariasi. Kekurangan ini dapat diatasi dengan merancang permukaan bidang luncur set eksperimen yang dapat di rubah dan divariasikan.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data pada *tool* pemodelan *tracker* eksperimen bidang miring yang dilakukan, dapat dikemukakan beberapa kesimpulan di antara lain:

1. Hasil spesifikasi perfromansi *tool modeling* bidang miring memiliki ukuran panjang bidang alas memiliki panjang 40 cm dan ukuran panjang yang menjadi bidang luncur memiliki panjang 50 cm. Pengaturan sudut kemiringan menggunakan motor stepper yang terpasang pada bagian bawah bidang luncur yang dihu bungkan pemasangannya dengan shaf ulir. Komponen pengaturan sudut yang tersusun dari arduino, TFT LCD sebagai input dan output, dan power supply sebagai catu daya tambahan untuk menggerakkan motor stepper.
2. Hasil nilai koefisien gesek kinetis dari *tool modeling* bidang miring dengan benda diluncurkan. Nilai koefisien gesek kinetis di dapat kan dari percobaan eksperimen bidang miring dengan menkondisikan beban diluncurkan. Nilai percepatannya adalah  $1.751 \text{ m/s}^2$ , nilai kecepataannya adalah  $1.183 \text{ m/s}$ , dan nilai koefisien gesek kinetisnya adalah  $0,265$ .
3. Hasil dari nilai ketepatan dan ketelitian dari *tool modeling* pada bidang miring dengan katrol. Nilai persentase ketepatan rata-rata yang di da patkan dari *tool modeling* gerak pada bidang miring adalah  $93,0 \%$ . Persentase ketepatan rata-rata yang di dapatkan dari *tool modeling* gerak pada bidang miring adalah  $6,2 \%$ . Disisi lain nilai ketelitian rata-rata yang di dapatkan dari *tool modeling* gerak pada bidang miring adalah  $97,00 \%$ . Persentase ketepatan rata-rata yang di dapatkan dari *tool modeling* bidang miring adalah  $2,98 \%$ .
4. Eksperimen bidang miring menggunakan dua buah benda yang di hubungkan dengan tali, memiliki hubungan dimana semakin besar sudut kemiringan maka semakin kecil nilai percepatan dan nilai kecepatan yang di dapatkan. Adapun nilai tegangan tali, semakin besar sudut kemiringan maka semakin besar juga nilai tegangan tali.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mundilarto. 2010. *Penilaian Hasil Belajar Fisika*. Yogyakarta: P2IS UNY.
- [2] Young, Hugh. D. 2012. *College Physics*. 9<sup>th</sup>Edition, Addison-Wesley.
- [3] Halliday, D. 2010. *Fisika Dasar edisi 7 jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- [4] Asrizal, Yohandri, Kamus, Z. 2018. *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.
- [5] Ristanto, S. 2012. *Eksperimen Gerak Jatuh Bebas Berbasis Perekaman Video di MA Wahid Hasyim*. Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika. Vol. 3 (1): 1-8Rodrigues, M. and P. S. Carvalho. 2013. Teaching physics with angry bird.
- [6] Gregario, J. B. 2015. *Using Video Analysis, Microcomputer-Based Laboratories (MBL's) and Educational Simulations as Pedagogical Tools in Revolutionizing Inquiry Science*. Teaching and Learning K-12 STEM Education, Vol. 1, No. 1, pp. 43-64.
- [7] Anissofira, A. 2017. *Newton's Cradle Experiment Using Video Tracking Analysis with Multiple Representation Approach International Conference on Mathematics and Science Education (ICMScE) ,IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 895*.
- [8] Asrizal, Yulkifli, Sovia, M. 2012. *Penentuan Karakteristik Sistem Pengontrolan Kelajuan Motor DC dengan sensor Optocoupler Berbasis Mikrokontroler AT89S52*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [8] Pratama, R., Asrizal, Kamus, Z. 2013. *Pembuatan Sistem Pengukuran Durasi Pe nyinaran Matahari Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535 Menggunakan Sensor LDR*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- [9] Latifa. 2018. *Perancangan Robot Arm Gripper Berbasis Arduino Uno Menggunakan Antar Mu ka LabView*. Jurnal Uniska.
- [10] Budiharto, W. 2014. *Panduan Praktis Perancangan dan Pemograman Hasta Karya Robot*. Yogyakarta: C.V Andi.
- [11] Killian. 2000. *Modern Control Technology: Component and System*. Boston: Cengage.
- [12] Umar, F. 1994. *Metodologi Penelitian untuk Insinyur*. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- [13] Ogata K. 1997. *Teknik Kontrol Otomatik*, Edisi 2 Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- [14] Kartono, Kartini. 2007. *Dinamika Gerak*. Bandung: Mandar Maju.
- [15] Serway, R. A., John, J. W. 2004. *Physic for Scintiests and Enginers*. Thompson Brooks: California.
- [16] Brown, Douglas, Cox, A. J. 2009. *Innovative Uses of Video Analysis*. The Physic Teacher Journal. Vol. 47.
- [17] Brown, Douglas, Cox, A. J. 2009. *Innovative Uses of Video Analysis*. The Physic Teacher Journal. Vol. 47.