

Penentuan Koefisien Momen Inersia dengan Video Analisis

Kholid Yusuf

SMP Negeri 1 Garung
Jl. Raya Dieng Km 09, Garung , Wonosobo, Jawa Tengah
kholidyusuf69@gmail.com

Abstrak

Penentuan momen inersia benda yang menggelinding pada bidang miring dapat dilakukan dengan berbagai macam cara antara lain dengan pengintegralan , teori sumbu sejajar, teorema sumbu tegak lurus dan sifat simetri benda . Cara-cara di atas sulit dilakukan oleh siswa sekolah menengah karena harus memahami tentang kalkulus. Salah satu cara yang dilakukan dengan mudah adalah melakukan percobaan sederhana yaitu dengan cara menggelindingkan benda pada bidang miring. Hasil percobaan kemudian direkam dengan video dan dianalisis dengan Software Logger Pro. Sampel dalam penelitian ini adalah silinder pejal dan silinder berongga. Momen inersia silinder berongga $I = MR^2$ yang berarti koefisien momen inersianya 1, sedangkan untuk silinder pejal $I = \frac{1}{2} MR^2$ yang berarti koefisien momen inersianya $\frac{1}{2}$ atau 0,5. Gerak benda dalam video ditracking dengan Logger Pro, data hasil tracking diubah dalam bentuk data dan grafik hubungan percepatan dan ketinggian benda untuk kemudian dilakukan fitting data. Hasil analisis data diperoleh koefisien momen inersia silinder berongga sebesar 0,95 dengan prosentase kesalahan 4,59 % dan untuk silinder pejal 0,47 dengan prosentase kesalahan 5,26%.

Kata kunci: momen inersia, video, logger pro, fitting data.

I. PENDAHULUAN

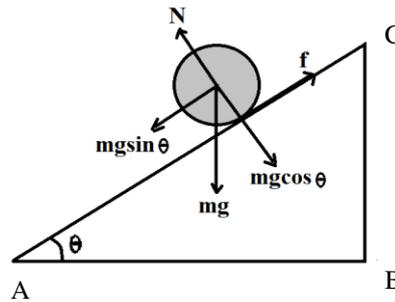
Fisika merupakan salah satu mata pelajaran di sekolah menengah yang keberhasilannya ikut menentukan kualitas pendidikan Indonesia. Fisika merupakan bagian dari Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang mempelajari gejala dan peristiwa atau fenomena alam serta berusaha untuk mengungkap segala rahasia dan hukum semesta (Sari, 2004:2).[1]. Sebagai sebuah produk, maka fisika menghasilkan hukum, ketetapan, postulat, konsep dan teori. Dipandang sebagai sebuah proses, maka produk-produk fisika didapatkan dari proses saintifik yang meliputi, pengamatan, dugaan, penelitian / eksperimen, penarikan kesimpulan dan juga publikasi. Salah satu materi yang diajarkan di sekolah menengah adalah momen inersia benda.

Untuk menentukan momen inersia suatu benda dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan menggunakan pengintegralan. Cara ini sulit dilakukan karena secara umum penguasaan siswa terhadap integral sangat minim. Hasil pengintegralan kemudian dituangkan ke dalam suatu tabel. Dari tabel tersebut maka siswa yang akan mempelajari momen inersia hanyalah menghafal rumus yang sudah ada pada tabel tersebut sehingga salah satu aspek pembelajaran fisika yaitu proses pembelajaran ditinggalkan. Ada cara lain untuk menurunkan momen inersia benda tegar yakni dengan teorema sumbu sejajar, teorema sumbu tegak lurus dan sifat simetri benda. Cara ini juga agak susah karena minimal perlu pengetahuan tentang sumbu sejajar. Oleh karena itu penulis ingin menyumbangkan pemikirannya dalam mengembangkan eksperimen fisika dengan bantuan video analisis. Sampel yang diteliti adalah silinder berongga dan silinder pejal.. Alat dan bahan yang dipergunakan sangat sederhana berupa papan yang dibuat miring dengan sudut tertentu dan benda yang akan diteliti koefisien momen inersianya. Benda yang akan diteliti digelindingkan pada papan miring kemudian direkam dengan kamera digital. Hasil rekaman kamera digital ini adalah berupa file video kemudian dianalisis hubungan antara variabel yang diperlukan. Dalam percobaan ini software yang digunakan penulis untuk menganalisis video adalah *Logger Pro. Software Logger Pro* ini digunakan untuk menganalisis hasil rekaman video dalam bentuk data maupun grafik.

II. LANDASAN TEORI

A. Gerak benda menggelinding pada bidang miring

Benda yang menggelinding pada bidang miring akan mengalami gerak rotasi terhadap sumbu benda dan gerak translasi terhadap bidang yang dilaluinya. Uraian gaya-gaya pada benda yang bergerak pada bidang miring tampak pada gambar berikut [2]



Gambar 2.12 Gaya-gaya pada benda yang bergerak pada bidang miring

Ditinjau gerak rotasi terhadap pusat massa benda, torsi untuk gaya yang arahnya tegak lurus sumbu rotasi adalah

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \tag{2.1}$$

dimana : τ = torsi , F = gaya dan r = lengan gaya.

Gaya yang arahnya tegak lurus pada sumbu rotasi adalah gaya gesek f , dan lengan gaya pada benda yang berotasi dengan sumbu putar salah satu diameternya adalah jari-jari bola R . Persamaan (2.1) menjadi

$$\tau = fR \tag{2.2}$$

Hubungan antara torsi τ , momen inersia I dan percepatan sudut α pada benda yang berotasi adalah

$$\tau = I\alpha \tag{2.3}$$

Momen inersia sebuah bola bermassa m dan jari-jari R secara umum dapat dinyatakan dengan persamaan

$$I = kmR^2$$

dimana k adalah sebuah koefisien berupa angka tertentu, sehingga persamaan (2.3) diatas dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\tau = kmR^2 \alpha \tag{2.4}$$

Dari persamaan (2.2) dan (2.4) maka diperoleh

$$fR = kmR^2 \alpha$$

$$f = kmR \alpha \tag{2.5}$$

Percepatan sudut α pada gerak rotasi bola berjari-jari r dapat dinyatakan dalam persamaan

$$\alpha = \frac{a}{R} \tag{2.6}$$

dimana a adalah percepatan tangensial. Persamaan (2.5) disubstitusikan ke persamaan (2.6) maka diperoleh

$$f = \frac{kmRa}{R}$$

$$f = kma$$

(2.7)

Ditinjau gerak translasi pada bola yang bergerak di bidang miring seperti pada gambar 1, dengan asumsi bahwa semua gaya luar bekerja di pusat massa bola maka hukum II Newton $\sum F_x = ma$ menjadi

$$mg \sin \theta - f = ma$$

(2.8)

dimana m = massa bola, g = percepatan gravitasi bumi, a = percepatan gerak bola dan θ = sudut kemiringan bidang miring dan f = gaya gesek. Hasil substitusi persamaan (2.7) kedalam persamaan (2.8) maka diperoleh

$$mg \sin \theta - kma = ma$$

$$g \sin \theta = ka + a$$

$$g \sin \theta = a(k + 1)$$

$$g \frac{BC}{AC} = a(k + 1)$$

$$g \frac{h}{s} = a(k + 1)$$

$$a = \frac{g}{s(k + 1)} h$$

(2.9)

Persamaan (2.9) merupakan persamaan grafik hubungan antara kecepatan a dan waktu ketinggian h sebuah bola yang menggelinding pada bidang miring

dengan gradien $\frac{g}{s(k + 1)}$. Jika grafik $a-h$ dengan

gradien tersebut telah diketahui maka kita dapat menentukan nilai k .

B. Analisis Regresi Percepatan terhadap Ketinggian

Hasil pengukuran terhadap percepatan (a) dan ketinggian (h) yang dianalisis dengan Logger Pro ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Dengan software Logger Pro itu pula dapat diperoleh persamaan garis lurus

$$y = mx + c$$

(2.10)

Dari persamaan 2.9 dan 2.10 maka $y = a$;

$$m = \frac{g}{s(k + 1)} ; x = h.$$

(2.11)

m dapat dicari dari hasil analisis data menggunakan Logger Pro dan kemudian difiting dengan *excell*. Sehingga nilai konstanta momen inersia k dapat dihitung.

C. Video Analisis

Video analisis dikenal juga dengan istilah *VBL (Video-Based Laboratory)*. *VBL* merupakan sebuah media yang memadukan aspek teoritik dan eksperimental dalam pembelajaran fisika sehingga dapat membantu belajar siswa untuk melakukan analisa data melalui video yang menampilkan percobaan laboratorium.[3]

Media pembelajaran ini menggunakan *software Logger Pro* yang bersifat *Open Source* atau gratis yang dapat diunduh di internet. Salah satu keunggulan media pembelajaran ini dibandingkan dengan media pembelajaran konvensional adalah dapat diterapkan pada lebih dari satu topik pembelajaran. Pada pelajaran Fisika, media pembelajaran ini dapat di terapkan pada berbagai topik tentang gerak (gerak lurus, gerak parabola, gerak jatuh bebas, gerak harmonik), tumbukan dua dimensi dan lain-lain. *Software Logger Pro* dapat diterapkan pada berbagai konsep Fisika sehingga *software* ini dikatakan bersifat multiguna. Media ini diharapkan dapat menjawab permasalahan sekolah yang masih minim dalam pengadaan alat peraga fisika. Untuk menerapkan *VBL* dalam pembelajaran, cukup menyediakan seperangkat komputer dan kamera digital. Tidak diperlukan peralatan tambahan lainnya sehingga penggunaan *VBL* sebagai media pembelajaran terbilang ekonomis. Begitupun dengan kemampuan *VBL* dalam menyajikan berbagai fenomena fisika dalam satu media saja.

III. METODE EKSPERIMEN

A. Alat dan Bahan

1. Potongan pipa paralon (silinder berongga)
2. Uang logam (silinder pejal)
3. Papan kayu (disusun sebagai bidang miring)
4. Kamera untuk merekam gerak bola pejal
5. Mistar
6. Statif
7. Komputer / Laptop
8. *Software Logger Pro*.

B. Prosedur Eksperimen

Eksperimen dilakukan mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Merangkai alat dan bahan sehingga benda dapat menggelinding pada bidang miring.
2. Melakukan perekaman menggunakan kamera pada saat benda mulai dilepaskan di atas papan bidang miring dengan sudut kemiringan tertentu.

3. Menyimpan rekaman video tersebut dalam file yang akan dianalisis menggunakan *software Logger Pro*.
4. Mengulangi perekaman gerak bola pejal di atas papan bidang miring dengan lima macam ketinggian yang berbeda untuk setiap benda.

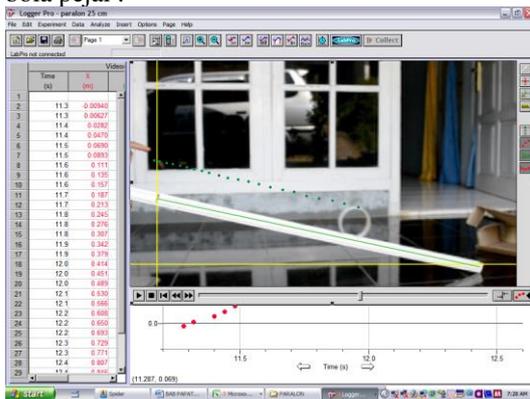
C. *Prosedur Analisis Data*

1. Mengaktifkan perangkat lunak *Logger pro*
2. Melakukan *tracking file* video hasil rekaman dengan *software logger pro*
3. Mengaktifkan *mirosoft excell*
4. Menyalin data hasil *tracking* dari *logger pro* ke dalam *excell*
5. Mengolah data-data dari hasil *tracking* dengan *excell*
6. Melakukan analisis terhadap percobaan yang telah dilakukan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

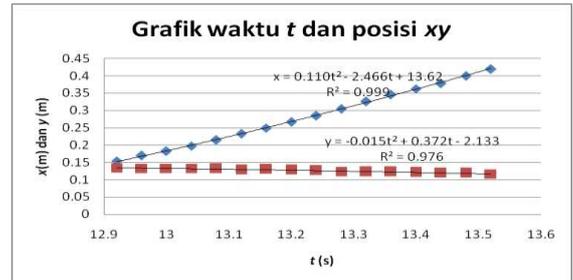
A. Silinder Berongga (potongan pipa paralon)

- a. Hasil *tracking* potongan pipa paralon
 Pada penelitian ini untuk tiap sampel benda dilakukan percobaan sebanyak 5 kali untuk tinggi bidang miring yang berbeda-beda, yaitu 10 cm, 15 cm, 20 cm,, 25 cm dan 30 cm. Pada gambar 4.1 ditunjukkan contoh *tracking* pada bola pejal .



Gambar 4.1 Hasil *tracking* potongan pipa paralon dengan *logger pro*

Selanjutnya data hasil *tracking* dengan *Logger pro* disalin ke *excell*, kemudian hasilnya dibuat grafik antara *t* (waktu) dengan *x* (posisi benda pada sumbu horizontal) dan *y* (posisi benda pada sumbu vertikal). Gambar 4.2 adalah salah satu contoh grafik pada ketinggian 10 cm.



Gambar 4.2 Grafik antara *t* (waktu) dengan posisi vertikal (*x*) dan posisi horizontal (*y*) pada potongan pipa paralon

Kemudian dengan melakukan diferensiasi *x* dan *y* dua kali terhadap *t* maka dapat ditentukan *a* (percepatan)

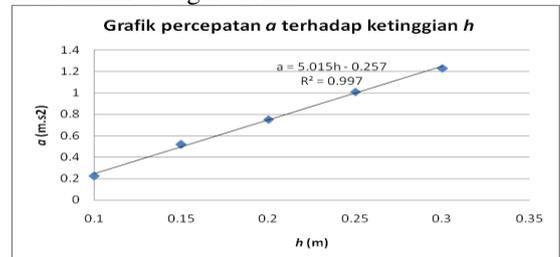
- b. *Fitting* data ketinggian bidang miring (*h*) terhadap percepatan (*a*)

Berdasarkan data dan grafik di atas, maka secara lengkap dapat dibuat tabel antara *h* (ketinggian bidang miring) dan *a* (percepatan benda) sebagai berikut

Tabel 4.1 Data *h* (ketinggian bidang miring) terhadap *a* (percepatan benda)

No	<i>h</i> (m)	<i>x</i> (m)	<i>y</i> (m)	<i>a_x</i>	<i>a_y</i>	<i>a</i>
1	0.100	0.110	0.015	0.220	0.030	0.222
2	0.150	0.254	0.047	0.508	0.094	0.517
3	0.200	0.371	0.060	0.742	0.120	0.752
4	0.250	0.491	0.116	0.982	0.232	1.009
5	0.300	0.598	0.143	1.196	0.286	1.230

Dari data tersebut diatas maka grafik dan fitting data adalah sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik dan fitting antara *h* dan *a*
 Pada gambar 4.9 terlihat bahwa kemiringan grafik 5,015 dengan *zerro effect* -0,257 artinya benda akan mulai bergerak pada saat ketinggian bidang miring lebih dari 5,13 cm

- c. Hasil perhitungan koefisien momen inersia *k* potongan pipa paralon
 Berdasarkan *fitting* data pada gambar 4.3 dan dengan menggunakan persamaan 2.11 didapatkan hasil sebagai berikut

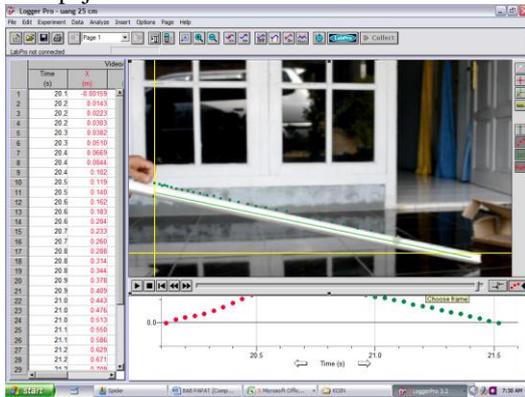
Tabel 4.2 Hasil perhitungan k untuk potongan pipa paralon

No	Variabel	Hasil
1	k perhitungan	0,95
2	k referensi	1,00
3	Prosentase kesalahan	4,59%

B. Silinder Pejal (Uang Logam)

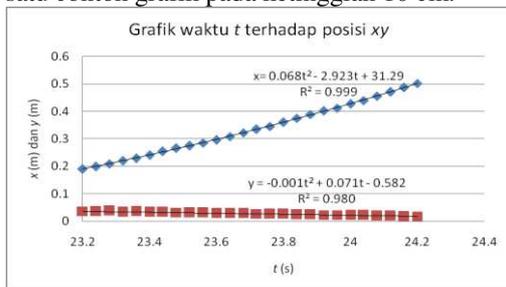
a. Hasil tracking uang logam

Pada penelitian ini untuk tiap sampel benda dilakukan percobaan sebanyak 5 kali untuk tinggi bidang miring yang berbeda-beda, yaitu 10 cm, 15 cm, 20 cm, 25 cm dan 30 cm. Pada gambar 4.10 ditunjukkan contoh tracking pada bola pejal .



Gambar 4.4 Hasil tracking uang logam dengan logger pro

Selanjutnya data hasil tracking dengan Logger pro disalin ke excell, kemudian hasilnya dibuat grafik antara t (waktu) dengan x (posisi benda pada sumbu horizontal) dan y (posisi benda pada sumbu vertikal). Gambar 4.5 adalah salah satu contoh grafik pada ketinggian 10 cm.



Gambar 4.5 Grafik antara t (waktu) dengan posisi vertikal (x) dan posisi horizontal (y) pada uang logam

Kemudian dengan melakukan diferensiasi x dan y dua kali terhadap t maka dapat ditentukan a (percepatan).

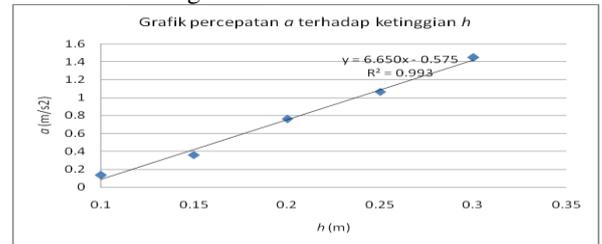
b. Fitting data ketinggian bidang miring (h) terhadap percepatan (a)

Berdasarkan data dan grafik di atas, maka secara lengkap dapat dibuat tabel antara h (ketinggian bidang miring) dan a (percepatan benda) sebagai berikut

Tabel 4.3 Data h (ketinggian bidang miring) terhadap a (percepatan benda)

No	h (m)	x (m)	y (m)	a_x	a_y	a
1	0.100	0.068	0.001	0.136	0.002	0.136
2	0.150	0.180	0.015	0.360	0.030	0.361
3	0.200	0.380	0.045	0.760	0.090	0.765
4	0.250	0.533	0.013	1.066	0.027	1.066
5	0.300	0.714	0.114	1.428	0.228	1.446

Dari data tersebut diatas maka grafik dan fitting data adalah sebagai berikut :



Gambar 4.6 Grafik dan fitting antara h dan a Pada gambar 4.9 terlihat bahwa kemiringan grafik 6,650 dengan zero effect -0,575 artinya benda akan mulai bergerak pada saat ketinggian bidang miring lebih dari 8,65 cm

c. Hasil perhitungan koefisien momen inersia k potongan uang logam

Berdasarkan fitting data pada gambar 4.6 dan dengan menggunakan persamaan 2.11 didapatkan hasil sebagai berikut

Tabel 4.4 Hasil perhitungan k untuk uang logam

No	Variabel	Hasil
1	k perhitungan	0,47
2	k referensi	0,50
3	Prosentase kesalahan	5,26%

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data VBL diperoleh nilai koefisien momen inersia sebagai berikut :

Tabel 4.5 Rekapitulasi hasil percobaan

No	Nama benda	k	k_{ref}	Kesalahan
1	Potongan pipa paralon	0,98	1,00	4,59%
2	Uang logam	0,47	0,50	5,26%

Supaya eksperimen memperoleh hasil yang lebih sempurna, disarankan: kamera saat proses perekaman

video tidak dipegang langsung dengan tangan karena hal ini menyebabkan gambar video bergoyang yang mengakibatkan terjadinya *deviasi* antara posisi benda sebenarnya dengan kedudukan benda yang terekam, pointer diletakkan tepat pada benda saat melakukan *tracking* agar memperoleh grafik yang lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada: 1) Kepala sekolah, guru dan karyawan SMP 1 Garung Wonosobo yang telah memberikan dukungannya, 2) Panitia Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika Universitas Sebelas Maret Surakarta sebagai penyelenggara kegiatan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sari, Betha Nurani. 2004, *Sistem Pembelajaran KBK Terhadap Motivasi Belajar Para Peserta Didik Pada Bidang Studi Fisika*. Diakses dari <http://www.researchengines.com/art.05-57>. (10 Agustus 2015)
- [2] Umar Yahdi, *Pengantar Fisika Mekanika*, Penerbit Gunadarma, 1996.
- [3] Eko Setiono, Fahrizal, Sarwanto dan Suparmi, *Problem Based Learning dalam Pembelajaran Fisika Menggunakan Simulation Based Laboratory (SBL) dan Video Based Laboratory (VBL)*, Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika, UNS, vol. 1, no. 1, 2013, pp. 25-36.

Nama Penanya : Yoggi Fisika 2015

Pertanyaan : Kenapa memilih benda berbentuk silinder (pejal dan berrongga). Kenapa bukan bola?

Jawaban : sebenarnya saya sudah melakukan percobaan dengan keempat-empatnya tetapi yang saya masukkan ke malakah hanya yang silinder saja. Karena penelitian ini hanya dibatasi pada silinder saja.