

# **Makalah *Research Based Learning (RBL)* Gerobak Bertenaga Pendulum**

Afifah Ulya Nadira (16022454)  
Hasna Rosyida Nur Adila (16022046)  
Izza Nasira Azzahra (16022004)  
Kamilia Tazkia Rahma Andini (16022466)  
Lintang Arian Semesta (16022424)  
Naila Faza Choirunissa (16022386)  
Naura Dhia Inayah (16022094)  
Winda Vellisa Virgiani (16022304)

Kelas Mahasiswa (K-04), Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,  
Institut Teknologi Bandung,  
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

<sup>a</sup>[16022004@mahasiswa.itb.ac.id](mailto:16022004@mahasiswa.itb.ac.id), <sup>b</sup>[16022046@mahasiswa.itb.ac.id](mailto:16022046@mahasiswa.itb.ac.id), <sup>c</sup>[16022094@mahasiswa.itb.ac.id](mailto:16022094@mahasiswa.itb.ac.id),  
<sup>d</sup>[16022304@mahasiswa.itb.ac.id](mailto:16022304@mahasiswa.itb.ac.id) <sup>e</sup>[16022386@mahasiswa.itb.ac.id](mailto:16022386@mahasiswa.itb.ac.id) <sup>f</sup>[16022424@mahasiswa.itb.ac.id](mailto:16022424@mahasiswa.itb.ac.id)  
<sup>g</sup>[16022454@mahasiswa.itb.ac.id](mailto:16022454@mahasiswa.itb.ac.id) <sup>h</sup>[16022466@mahasiswa.itb.ac.id](mailto:16022466@mahasiswa.itb.ac.id)

## **Abstrak**

*Percobaan kali ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara sudut simpangan, panjang lengan bandul, dan massa beban yang digunakan terhadap panjang lintasan yang ditempuh gerobak. Percobaan dilakukan dengan bervariasi parameter-parameter yang digunakan lalu dibuat menjadi grafik sehingga terlihat jelas hubungan antar parameter nya. Data yang dihasilkan diulang sebanyak lima kali setiap variasinya untuk mengambil nilai rata-rata. Dari data tersebut didapatkan bahwa hubungan antara sudut simpangan, panjang lengan bandul dan massa beban yang digunakan berbanding lurus dengan panjang lintasan tempuh bandul.*

*Kata-kata kunci: Pendulum, Bandul Fisis, Gerak Harmonik Sederhana, Kekekalan Pusat Massa*

## **TUJUAN**

Tujuan dari *Research Based Learning (RBL)* mobil bertenaga pendulum yaitu sebagai berikut.

1. Membuat gerobak bertenaga pendulum dengan jarak tempuh terjauh minimal 10 cm.
2. Menganalisis gerak mobil serta parameter-parameter yang memengaruhi jarak tempuh mobil.

## **TEORI DASAR**

Teori dasar yang digunakan pada RBL ini meliputi hubungan kecepatan dengan posisi benda, gerak harmonik sederhana pada bandul fisis, pusat massa, dan gerak maju mundur gerobak. Berikut penjelasan lebih lanjutnya.

### a. Mencari Hubungan Antara Kecepatan dan Posisi Benda

Kecepatan merupakan suatu laju perubahan perpindahan, atau jika kecepatan dan perpindahan dipandang sebagai vektor, maka kecepatan didefinisikan sebagai vektor laju perubahan perbandingan. Maka didapatkan hubungan sebagai berikut.

$$\frac{ds}{dt} = v$$

Dari persamaan diatas maka antiturunan dari kecepatan adalah posisi atau dapat dirumuskan sebagai berikut

$$s = \int v dt + C$$

Perpindahan adalah selisih posisi akhir benda ( $s_f$ ) dan posisi awal benda ( $s_i$ ). Dari kedua persamaan di atas perpindahan dapat dirumuskan dengan

$$s_f - s_i = \int_i^f v dt$$

### b. Gerak Harmonik Sederhana pada Bandul Fisis

Bandul fisis (*physical pendulum*) yaitu benda tegar yang digantungkan sehingga dapat berayun atau berosilasi secara bebas dalam bidang vertikal terhadap sumbu yang melalui benda tersebut. Pada bandul fisis, benda tidak dianggap sebagai benda titik atau massa benda akan diperhitungkan. Jika sebuah benda digantungkan pada suatu poros O, kemudian diberi simpangan  $\theta$  dan dilepaskan, maka benda itu akan berosilasi karena adanya torsi pemulih atau momen gaya pemulih (suatu momen gaya yang selalu mengembalikan bandul pada kedudukan kesetimbangannya) sebesar:

$$- mgl \sin \theta$$

dengan:  $mg$  : gaya berat

$l \sin \theta$  : panjang lengan

$l$  : jarak antara poros ke pusat massa

Ayunan yang terjadi pada bandul fisis dapat digolongkan sebagai gerak harmonik sudut jika momen gaya pulih sebanding dengan simpangan sudutnya. Hal ini dapat dianalogikan dengan gerak harmonik sederhana. Jika redaman diabaikan, maka persamaan gerak dari sistem bandul fisis ini adalah:

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = - mgl \sin \theta$$

Jika simpangan kecil, maka  $\sin \theta \approx \theta$ , sehingga persamaan gerak berubah menjadi:

$$\frac{d^2 \theta}{dt^2} = - \frac{mgl}{I} \theta \approx 0$$

Maka diperoleh solusi dari persamaan ini adalah:

$$\theta = \theta_0 \sin \omega t \quad \text{dengan } \omega = \sqrt{\frac{mgl}{I}}$$

$$I = I_0 + ml^2$$

Dengan  $m$  adalah massa dari pendulum,  $g$  percepatan gravitasi,  $l$  jarak pusat massa ke titik setimbang dan  $I$  adalah momen inersia terhadap titik setimbang. Jika pendulum fisis yang terdiri dari  $N$  objek dimana jarak antara pusat masa  $i$  dan pusat massa dari pendulum adalah  $h_i$ :

$$I_0 = \sum_{i=1}^N I_{0i} + m_i h_i^2$$

$$m = \sum_{i=1}^N m_i$$

### c. Pusat Massa

Pusat massa merupakan posisi di mana seluruh massa dari suatu partikel atau bahkan sistem partikel terkumpul. Pusat massa menjadi acuan ke mana benda akan bergerak. Benda akan bergerak ke arah pusat massanya. Selain massa, gaya-gaya yang terjadi pada partikel tersebut juga terjadi dan terkumpul di pusat massa. Pusat massa dari partikel dirumuskan sebagai berikut :

$$x_{pm} = \frac{\sum_{i=1}^N m_i r_i}{\sum_{i=1}^N m_i}$$

Dengan  $m$  adalah massa dari partikel,  $r$  adalah posisi partikel, dan  $N$  adalah banyaknya partikel. Pusat massa juga berlaku pada partikel tiga dimensi dengan menggunakan vector posisinya.

Pusat massa dari sistem partikel dirumuskan sebagai berikut :

$$x_{pm} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N m_i r_i$$

#### d. Gerak Maju Mundur Gerobak

Pada percobaan kali ini parameter yang digunakan adalah sudut simpangan ayunan ( $\theta$ ), panjang lengan bandul ( $L$ ) serta massa beban yang digunakan ( $m$ ). Hal tersebut dapat dituliskan dalam persamaan berikut.

$$\Delta x = f(\theta_0, L, m)$$

Dengan  $\Delta x$  merupakan perpindahan. Persamaan ini dibuat dengan asumsi proyeksi gerak bandul pada arah horizontal. Dengan  $M$  adalah massa total dan  $x$  adalah posisi basis maka titik pusat massa sistem dua benda dapat diperoleh

$$x_{pm} = \left(\frac{m}{M}\right) \left\{ x_c + L \sin \left[ \theta_0 \sin \left( \omega t - \frac{1}{2} \pi \right) \right] \right\} + \left(\frac{M-m}{M}\right) x$$

Maka kecepatan pusat massa menjadi

$$v = - \left(\frac{m}{M-m}\right) \omega L \cos \left( \omega t - \frac{1}{2} \pi \right) \cos \left[ \theta_0 \sin \left( \omega t - \frac{1}{2} \pi \right) \right]$$

Jika  $t = 0$  dan  $v = 0$  merupakan waktu dan posisi awal gerobak maka untuk menentukan  $v = 0$  kembali maka

$$\omega t - \frac{1}{2} \pi = \left( n - \frac{1}{2} \right) \pi$$

$$\omega t = n\pi = \frac{2\pi}{T} t$$

$$t = \frac{1}{2} nT$$

Dengan  $n = 0, 1, 2, 3, \dots$  maka kecepatan positif akan diperoleh saat

$$\omega t - \frac{1}{2} \pi = \left( 2n - \frac{3}{4} \right) \pi$$

$$\omega t = 2 \left( n + \frac{5}{8} \right) \pi = \frac{2\pi}{T} t$$

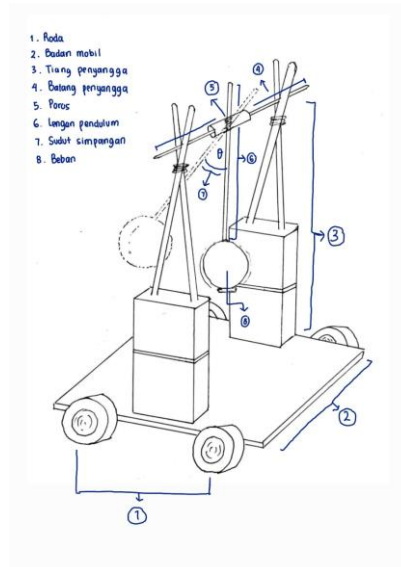
$$t = \left( n + \frac{5}{8} \right) T$$

Dengan demikian dapat diperoleh posisi akhir gerobak untuk suatu periode ayunan adalah

$$x_n = x_c + n \left( \frac{m}{M-m} \right) (x_c + L \sin \theta_0)$$

## METODE

### a. Desain Alat



Gambar 1. Desain Alat

### b. Alat dan Bahan

Pada percobaan mobil bertenaga pendulum ini, alat yang diperlukan, sebagai berikut:

- Gunting
- Timbangan
- Lem tembak
- Tang
- Penggaris
- Cutter

Sedangkan bahan yang diperlukan, sebagai berikut:

- Kerangka selotip
- Tusuk sate
- Plastisin
- Spons
- Double sided tape
- Duplex bekas
- Sumpit
- Karet
- Sedotan
- Kardus

### c. Rincian Alat dan Bahan

Tabel 1. Harga alat

No	Alat	Harga (Rp)	No	Alat	Harga (Rp)
1	Gunting	0*	10	Plastisin	Rp3.000,00
2	Timbangan	0*	11	Spons	0*
3	Lem tembak	0*	12	Double sided tape	0*
4	Cutter	0*	13	Duplex bekas	0*

5	Tang	0*	14	Sumpit	0*
6	Penggaris	0*	15	Karet	0*
7	Busur	0*	16	Sedotan	0*
8	Kerangka solatip	0*	17	Kardus	0*
9	Tusuk sate	0*			
<b>Total</b>					Rp 3.000,00

\*tersedia di rumah

#### d. Cara Kerja Alat

##### Prosedur pembuatan

- a. Siapkan semua alat dan bahan.
- b. Untuk membuat roda, pisahkan solatip dari kerangkanya.
- c. Tempelkan *double tip* pada kertas HVS bekas lalu gunting sesuai dengan ukuran kerangka solatip.
- d. Gulung kertas pada tusuk sate hingga gulungannya dapat memenuhi kerangka solatip bagian dalam.
- e. Lakukan langkah di atas sebanyak 4 kali.
- f. Siapkan dua buah sedotan, kemudian potong panjangnya sesuai dengan panjang badan mobil, kemudian masukkan tusuk sate ke dalamnya.
- g. Hubungkan antara dua roda menggunakan tusuk sate yang telah dimasukkan ke dalam sedotan menggunakan lem tembak.
- h. Tempelkan kedua kerangka roda pada setiap ujung badan mobil menggunakan lem tembak.
- i. Potong gabus menjadi 4 buah balok kecil dengan ukuran  $7 \times 1,5 \times 5$  cm, gabus ini digunakan untuk alas tiang pendulum.
- j. Potong kardus dengan ukuran  $7 \times 1,5$  cm untuk bagian tengah tumpukan dua gabus.
- k. Tempelkan dan tumpukkan gabus di sisi sebelah kanan dan kiri badan mobil, sejumlah dua gabus di setiap bagiannya, rekatkan kedua gabus dengan bagian tengahnya berupa kardus menggunakan lem tembak.
- l. Tusukkan dua buah sumpit pada gabus membentuk huruf V terbalik, lakukan pula pada sisi satunya.
- m. Buat simpul menggunakan karet untuk menyatukan kedua sumpit tersebut.
- n. Untuk membuat variasi lengan pendulum, potong 3 buah tusuk sate sehingga panjangnya menjadi 10 cm, 15 cm, 20 cm.
- o. Tempelkan sedotan tegak lurus dengan tusuk sate pada masing-masing lengan pendulum menggunakan lem tembak.
- p. Pada ujung lain tusuk sate, tusukkan potongan kecil kardus dan beri lem tembak pada bagian bawahnya supaya kuat.
- q. Sebagai penghubung antara tiang dan lengan pendulum, gunakan tusuk sate.
- r. Untuk variasi beban, gabungkan plastisin dengan komposisi beban pertama sejumlah 2 buah plastisin, beban kedua 3 buah plastisin, dan beban ketiga 4 buah plastisin.

##### Prosedur Percobaan

- a. Persiapkan setiap alat dan bahan yang dibutuhkan dalam percobaan.
- b. Siapkan tusuk sate sebagai lengan pendulum dengan panjang masing-masing 20 cm, 15 cm, dan 10 cm.
- c. Siapkan variasi beban 1, 2, dan 3.
- d. Lakukan pengambilan data dengan mengayunkan beban yang bermassa tetap dengan panjang lengan pendulum tetap pula, yaitu 20 cm.
- e. Ayunkan beban dengan variasi sudut  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $75^\circ$ .
- f. Proses pengambilan data dilakukan dengan cara yang berulang untuk setiap panjang dan beban yang berbeda.
- g. Catat hasil pengambilan data dalam tabel pengamatan.

## PENGOLAHAN DATA

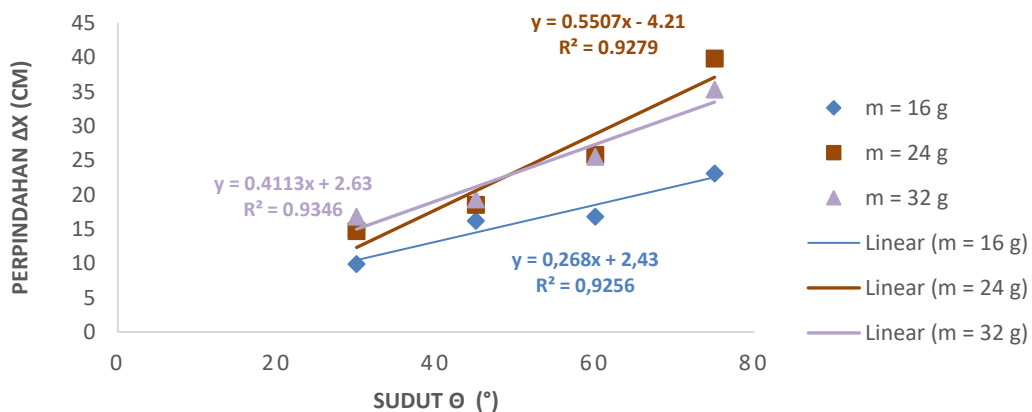
### a. Hasil Pengamatan Panjang Lengan 10 cm

Berikut merupakan tabel hasil percobaan menghitung jarak yang ditempuh gerobak bertenaga pendulum dengan adanya variasi sudut simpangan dan massa pendulum dengan lengan pendulum yang digunakan pada tiap variasi sama yaitu 10 cm.

Tabel 2. Data percobaan panjang lengan pendulum 10 cm

Variasi Massa	Variasi Sudut $\theta$	Perpindahan (cm) $\Delta x$					mean
		1	2	3	4	5	
Massa dengan dua plastisin Massa = 16 gram	30°	11	8,5	8	11	11	9,9
	45°	23	12	15	15,5	15,5	16,2
	60°	15,5	15	15,5	19	19	16,8
	75°	19	18,5	19	30	29	23,1
Massa dengan tiga plastisin Massa = 24 gram	30°	18	16,5	17	6	16	14,7
	45°	17	26	17	17	15,5	18,5
	60°	17,5	39,5	28	27	17	25,8
	75°	40	39,5	41	38	40,5	39,8
Massa dengan 4 plastisin Massa = 32 gram	30°	18	18	15	18	15	16,8
	45°	18	18,5	18,5	18,5	18,5	19,3
	60°	19	30	18,5	30	30	25,5
	75°	51.5	27,5	39	36,5	17,5	35,3

Berdasarkan data di atas, kita dapat mencari hubungan kedua variabel tersebut dengan menggunakan regresi linear. Dari regresi linear tersebut menggambarkan hubungan antara sudut simpangan dan massa dengan jarak tempuh. Grafik regresi linear pada masing-masing massa 16 gram, 24 gram, dan 32 gram terlampir pada bagian akhir laporan. Berikut grafik hubungan sudut dan massa beban dengan perpindahan atau jarak tempuh gerobak pada panjang lengan pendulum tetap sepanjang 10 cm.



Gambar 2. Regresi percobaan pada panjang lengan pendulum 10 cm

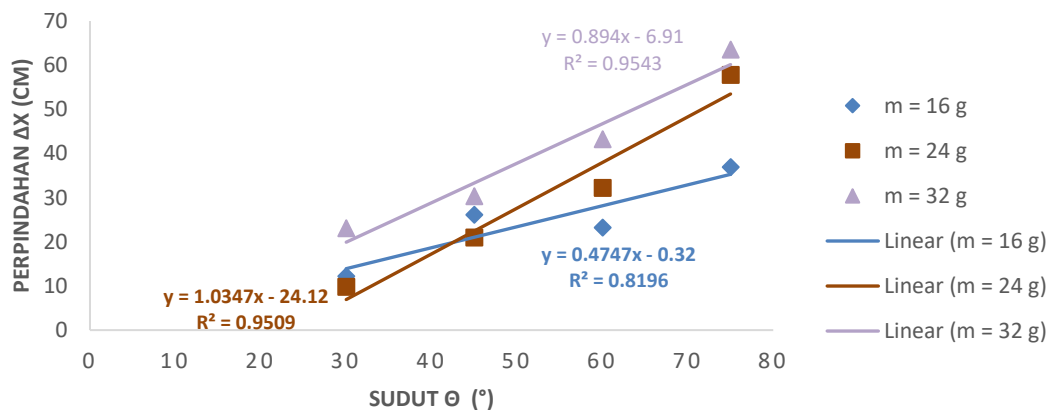
### b. Hasil Pengamatan Panjang Lengan 15 cm

Berikut merupakan tabel hasil percobaan menghitung jarak yang ditempuh gerobak bertenaga pendulum dengan adanya variasi sudut simpangan dan massa pendulum dengan lengan pendulum yang digunakan pada tiap variasi sama yaitu 15 cm.

Tabel 3. Data percobaan panjang lengan pendulum 15 cm

Variasi Massa	Variasi Sudut $\theta$	Perpindahan (cm) $\Delta x$					mean
		1	2	3	4	5	
Massa dengan dua plastisin Massa = 16 gram	30°	17,5	17,5	14	6	6	12,2
	45°	28,5	17,5	17,5	39,5	27,5	26,1
	60°	16,5	39,5	16	16,5	27,5	23,2
	75°	39	50	28	28	39,5	36,9
Massa dengan tiga plastisin Massa = 24 gram	30°	5	16,5	17	5	5,5	9,8
	45°	16,5	28	16,5	16,5	27,5	21
	60°	27,5	16,5	39	50,5	27,5	32,2
	75°	62	53	69,5	58,5	46	57,8
Massa dengan 4 plastisin Massa = 32 gram	30°	19	19,5	22	17,5	37,5	23,1
	45°	26	23	37	31,5	34	30,3
	60°	34,5	49	34,5	52	46	43,2
	75°	67,5	66	57	67	60	63,5

Berdasarkan data di atas, kita dapat mencari hubungan kedua variabel tersebut dengan menggunakan regresi linear. Dari regresi linear tersebut menggambarkan hubungan antara sudut simpangan dan massa dengan jarak tempuh. Grafik regresi linear pada masing-masing massa 16 gram, 24 gram, dan 32 gram terlampir pada bagian akhir laporan. Berikut grafik hubungan sudut dan massa beban dengan perpindahan atau jarak tempuh gerobak pada panjang lengan pendulum tetap sepanjang 15 cm.



Gambar 3. Regresi percobaan pada panjang lengan pendulum 15 cm

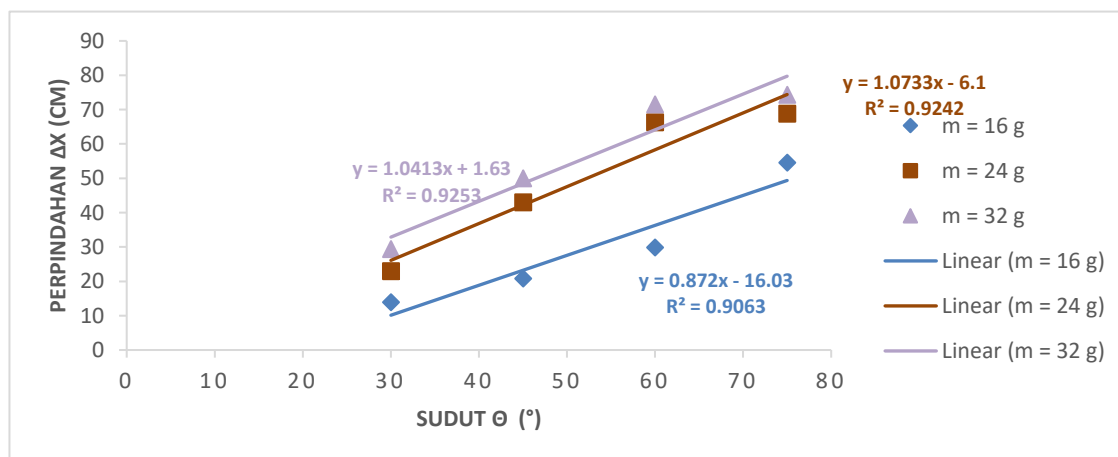
### c. Hasil Percobaan Panjang Lengan Pendulum 20 cm

Berikut merupakan tabel hasil percobaan menghitung jarak yang ditempuh gerobak bertenaga pendulum dengan adanya variasi sudut simpangan dan massa pendulum dengan lengan pendulum yang digunakan pada tiap variasi sama yaitu 20 cm.

Tabel 4. Data percobaan panjang lengan pendulum 20 cm

Variasi Massa	Variasi Sudut $\theta$	Perpindahan (cm) $\Delta x$					
		1	2	3	4	5	mean
Massa dengan dua plastisin Massa = 16 gram	30°	11,5	12,5	20	12	13,5	13,9
	45°	23	12	23	23	23	20,8
	60°	23	46	19	42	19	29,8
	75°	41,5	63	63	52	53	54,5
Massa dengan tiga plastisin Massa = 24 gram	30°	31	18	29,5	18	18	22,9
	45°	43,5	49	41	40,5	41	43
	60°	66	66	62,5	70	67	66,3
	75°	72,5	70	68	68,5	65	68,8
Massa dengan 4 plastisin Massa = 32 gram	30°	24	31	34	36	22	29,4
	45°	47	46	55	57	45	50
	60°	67,5	79	79	71	61	71,5
	75°	72	61	82	87,5	69	74,3

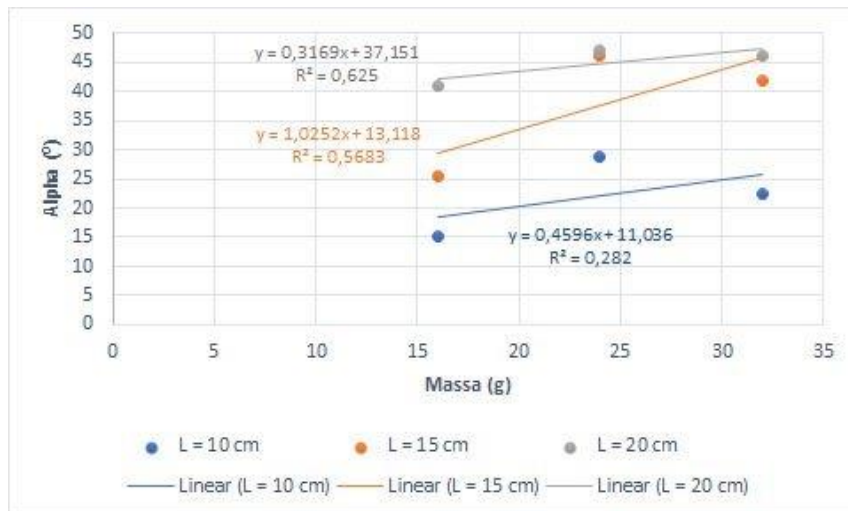
Berdasarkan data di atas, kita dapat mencari hubungan kedua variabel tersebut dengan menggunakan regresi linear. Dari regresi linear tersebut menggambarkan hubungan antara sudut simpangan dan massa dengan jarak tempuh. Grafik regresi linear pada masing-masing massa 16 gram, 24 gram, dan 32 gram terlampir pada bagian akhir laporan. Berikut grafik hubungan sudut dan massa beban dengan perpindahan atau jarak tempuh gerobak pada panjang lengan pendulum tetap sepanjang 20 cm.



Gambar 4. Regresi percobaan pada panjang lengan 20 cm

Berdasarkan ketiga hasil percobaan di atas, dapat dianalisis hubungan  $m$  (massa) dengan  $\alpha$  (sudut antara persamaan linier hasil regresi dengan sumbu horizontal) sehingga diperoleh tiga grafik  $\alpha$  terhadap  $m$  di setiap variasi panjang 10cm, 15cm, dan 20cm.





Gambar 5. Grafik  $m$ ,  $\alpha$ , dan  $L$

## ANALISIS

Mobil berpendulum merupakan mobil yang menggunakan osilasi bandul sebagai penggerakannya. Pada mobil berpendulum ini, bandul yang digunakan adalah bandul fisis, sehingga massa keseluruhan bandul diperhitungkan dan lengan bandul yang digunakan tegang. Parameter yang digunakan berupa sudut simpangan bandul, lengan bandul, dan massa beban. Pada percobaan ini dilakukan 180 kali percobaan dengan total 366 variasi dan dari masing-masing variasi tersebut dilakukan 5 kali pengulangan. Panjang lengan yang divariasikan adalah 10 cm, 15 cm, dan 20 cm. Massa beban yang divariasikan adalah 16 gram, 24 gram dan 32 gram. Sudut simpangan yang divariasikan adalah  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ , dan  $75^\circ$ .

Pengambilan data pertama menggunakan panjang lengan bandul 10 cm. Dengan panjang tersebut, diambil data dari setiap variasi massa dan sudut. Data percobaan tersaji di tabel dua pada bagian pengolahan data. Setelah dilakukan visualisasi data dan juga regresi, dapat ditarik hubungan antar variabel yang terlihat pada masing-masing grafik. Grafik hubungan antara sudut dan perpindahan mobil dari variasi massa 8 g, 16 g, dan 32 g secara berturut-turut disajikan dalam gambar 6, gambar 7, dan gambar 8 pada bagian lampiran. Ketiga grafik yang dihasilkan merupakan grafik linear dengan gradien positif yang menunjukkan bahwa semakin besar sudut, maka perpindahan mobil akan semakin jauh. Ketiga grafik disatukan dan disajikan pada gambar 2. Didapatkan bahwa semakin besar massa beban bandul, maka semakin besar pula perpindahan mobil yang dihasilkan. Namun, terdapat beberapa data yang kurang sesuai sehingga grafik yang didapatkan tidak menjelaskan hubungan antara massa dan perpindahan secara sempurna.

Pengambilan data kedua menggunakan panjang lengan bandul 15 cm. Data yang diambil tersaji di tabel tiga pada bagian pengolahan data. Seperti pengambilan data sebelumnya, grafik hubungan antara sudut dan perpindahan dari setiap massa disajikan dalam gambar 9, gambar 10, dan gambar 11 pada bagian lampiran, lalu disatukan dalam gambar 3. Dari grafik tersebut didapatkan hasil yang sama, yaitu massa, sudut, dan perpindahan menunjukkan hubungan berbanding lurus. Namun, masih terdapat data yang kurang sesuai seperti yang terjadi pada pengambilan data pertama.

Pengambilan data ketiga menggunakan panjang lengan bandul 20 cm. Data yang diambil tersaji di tabel empat. Grafik yang menunjukkan hubungan antara sudut dan perpindahan mobil untuk setiap massa beban disajikan dalam gambar 12, gambar 13, dan gambar 14 pada bagian lampiran, lalu disatukan dalam gambar 4. Hubungan antara massa beban, sudut, dan perpindahan mobil pada pengambilan data ketiga ini adalah berbanding lurus. Semakin besar massa beban dan sudut untuk panjang lengan yang sama menghasilkan perpindahan mobil yang semakin jauh. Dalam pengambilan data ketiga ini, setiap data yang diambil sudah sesuai sehingga hubungan antar variabel terlihat dengan jelas.

Setelah didapatkan grafik hubungan antar variabel, dilakukan perhitungan untuk memperoleh  $\alpha$ .  $\alpha$  merupakan besar sudut dari tiap garis dalam grafik hubungan sudut dan massa pada masing-masing variasi massa beban dan juga variasi panjang lengan bandul. Jadi, besar sudut  $\alpha$  menunjukkan hubungan massa beban dan sudut secara eksplisit terhadap perpindahan. Masing-masing hubungan  $\alpha$  dengan massa disajikan dalam gambar 15, gambar 16, dan gambar 17 pada bagian lampiran dan disatukan dalam gambar 5. Dari grafik yang

tersaji, didapatkan hasil bahwa semakin besar panjang lengan bandul dan semakin besar massa beban, maka perolehan nilai  $\alpha$  juga semakin besar. Nilai  $\alpha$  yang besar menunjukkan perpindahan mobil yang semakin besar. Seluruh variabel menunjukkan hubungan yang berbanding lurus.

Secara garis besar, perolehan data yang dilakukan menunjukkan hasil yang sesuai dengan teori dari gerak mobil bertenaga pendulum yang memanfaatkan bandul fisis sebagai penggerak. Seluruh variabel yang diuji memiliki hubungan berbanding lurus. Namun, dalam percobaan ini terdapat beberapa galat dan kesalahan perolehan data. Kesalahan-kesalahan ini disebabkan oleh adanya gaya gesek yang terjadi, baik pada roda maupun pada udara yang menyebabkan gerak mobil terhambat. Faktor kedua adalah tidak digunakannya rem pada mobil sehingga mobil bergerak maju mundur akibat osilasi bandul. Hal ini menyebabkan perpindahan mobil yang didapatkan tidak sempurna. Selain itu, kemungkinan terjadi kesalahan ketika pengambilan data, yaitu pengukuran sudut yang kurang presisi.

## KESIMPULAN

1. Mobil bertenaga pendulum yang dibuat oleh kelompok tujuh berhasil menempuh jarak minimal 10 cm.
2. Dari percobaan yang dilakukan, didapatkan hubungan-hubungan antara massa beban, sudut, dan panjang lengan beban yang tersaji pada grafik-grafik pada bagian pengolahan data. Grafik menunjukkan bahwa semakin berat massa beban, maka perpindahan yang dihasilkan semakin jauh. Begitu pula dengan sudut dan panjang lengan bandul. Semakin besar sudut dan panjang lengan bandul, maka perpindahan yang dihasilkan juga semakin jauh. Jadi, ketiga variabel tersebut menunjukkan hubungan berbanding lurus.

## DAFTAR PUSTAKA

Daniel A. Russel, *Oscillation of a Simple Pendulum in Acoustics and Vibration Animations*, diakses pada 28 November 2022 <<https://www.acs.psu.edu/drussell/Demos/Pendulum/Pendulum.html>>

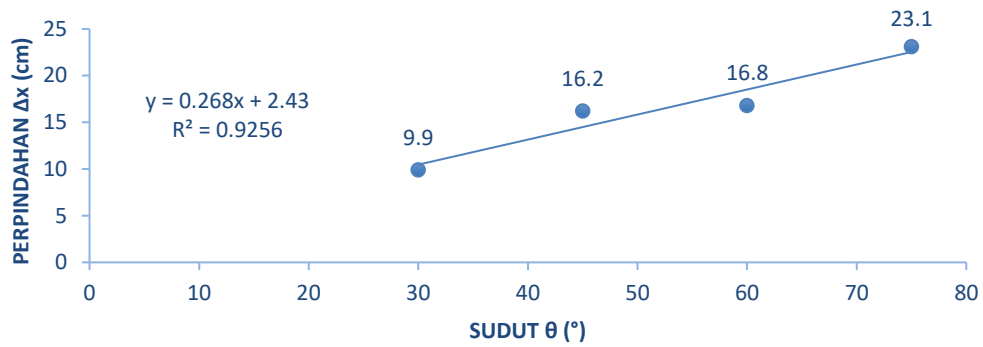
Halliday, David, Resnick, R., & Walker, J. (2010). *Principles of Physics Extended, International Student Version Ninth edition*. New York: John Wiley and Sons Ltd.

Paul Sinclair, "Answer to 'Function Equivalent to the Maximum Operator?'" , Mathematics Stack Exchange, 28 November 2022, url <https://math.stackexchange.com/a/1641271/645927> [20221124].

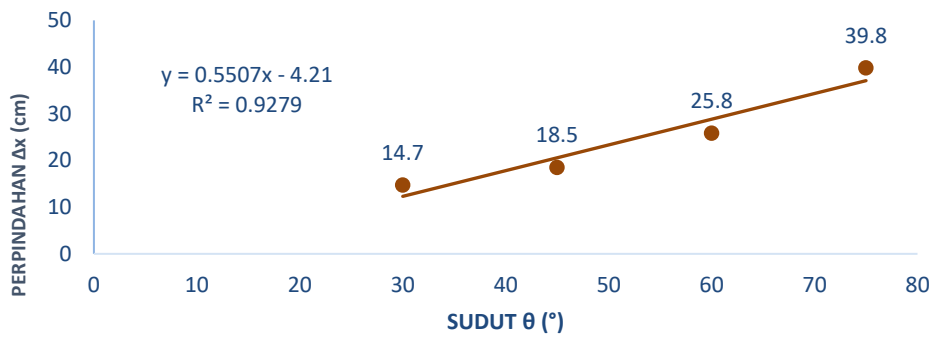
T Novri, S. Ahmad, G.N. Harry, Analisis Kecepatan dan Percepatan Gerak Robot Joules Menggunakan Metode Bilangan Kompleks, *Jurnal Mechanical*, Volume 5, Nomor 2 (2014)

## LAMPIRAN

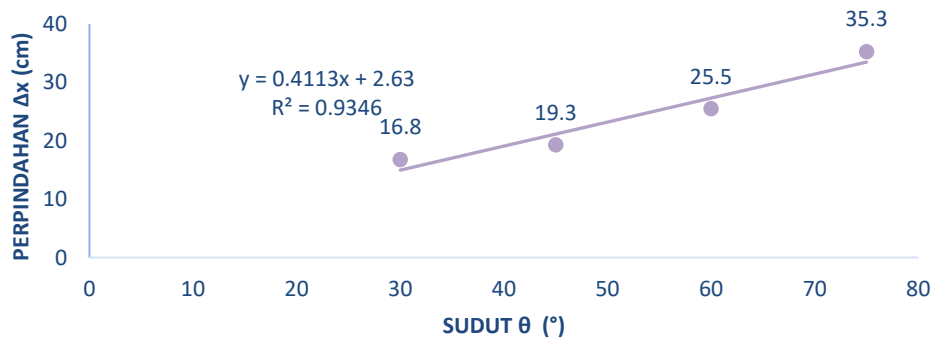
### 1. Grafik hasil regresi tiap varian massa, panjang lengan, dan sudut.



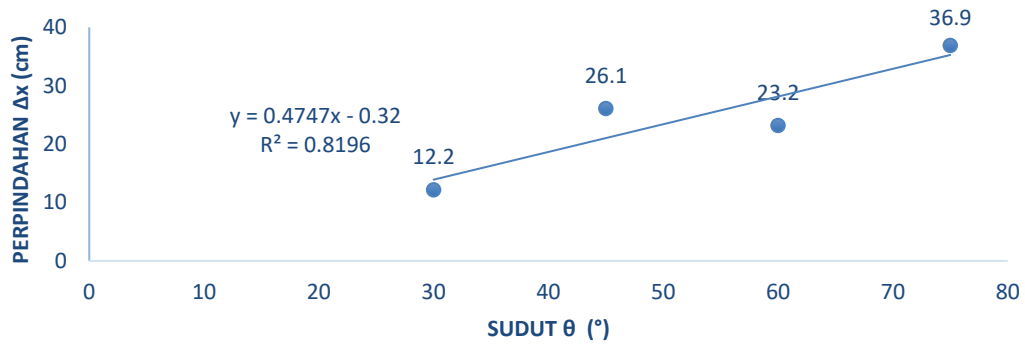
Gambar 6. Regresi percobaan variasi massa 16 gram dan panjang lengan pendulum 10 cm



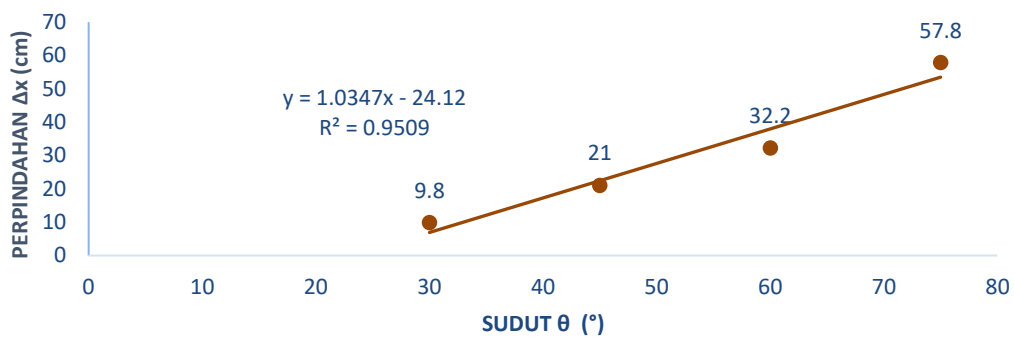
Gambar 7. Regresi percobaan variasi massa 24 gram dan panjang lengan pendulum 10 cm



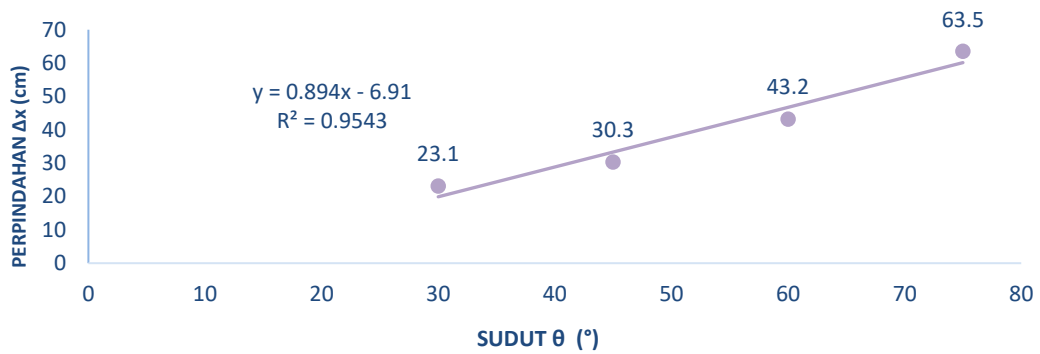
Gambar 8. Regresi percobaan variasi massa 32 gram dan panjang lengan pendulum 10 cm



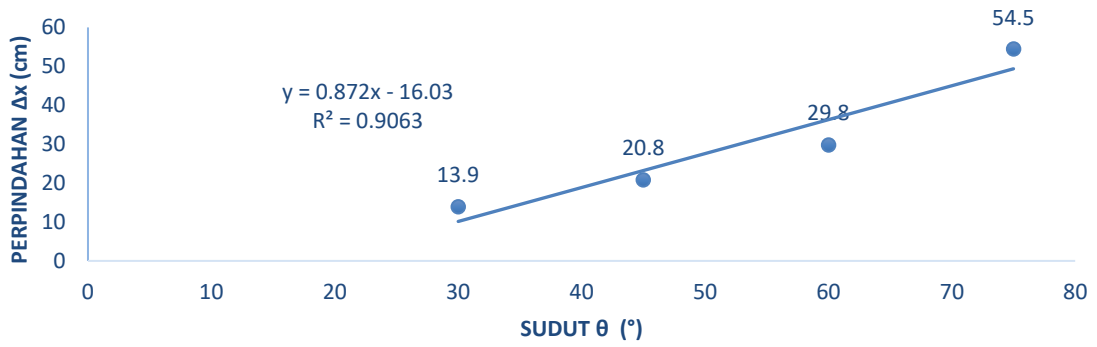
Gambar 9. Regresi percobaan variasi massa 16 gram dan panjang lengan pendulum 15 cm



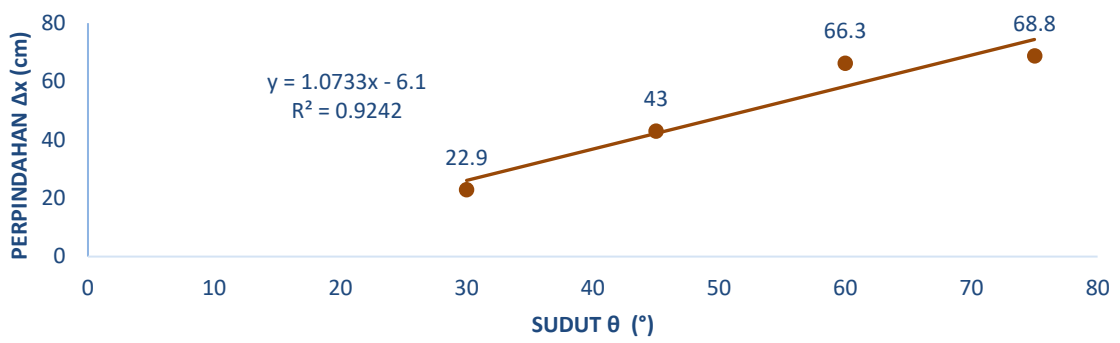
Gambar 10. Regresi percobaan variasi massa 24 gram dan panjang lengan pendulum 15 cm



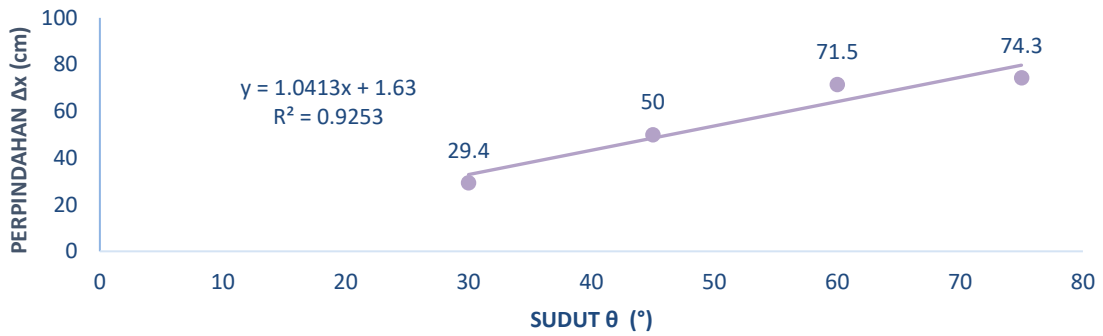
Gambar 11. Regresi percobaan variasi massa 32 gram dan panjang lengan pendulum 15 cm



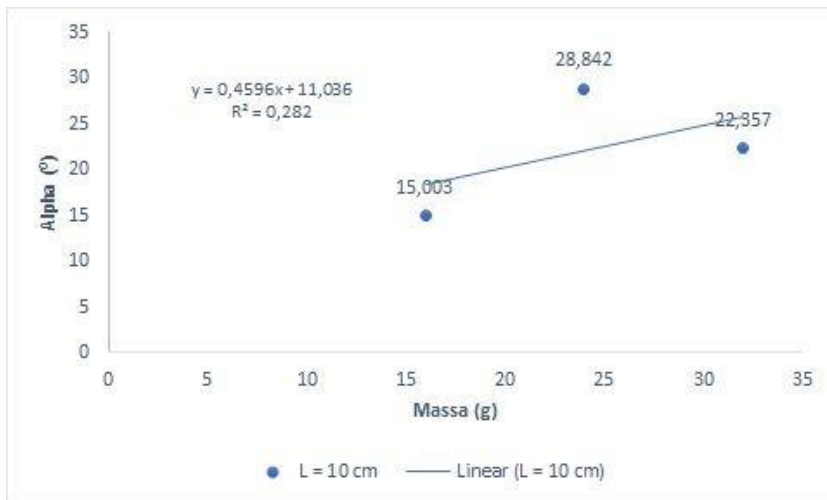
Gambar 12. Regresi percobaan variasi massa 16 gram dan panjang lengan 20 cm



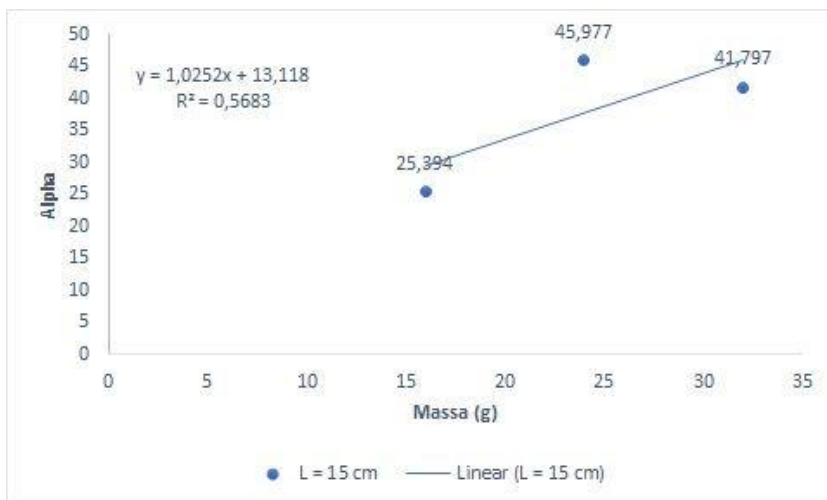
Gambar 13. Regresi percobaan variasi massa 24 gram dan panjang lengan 20 cm



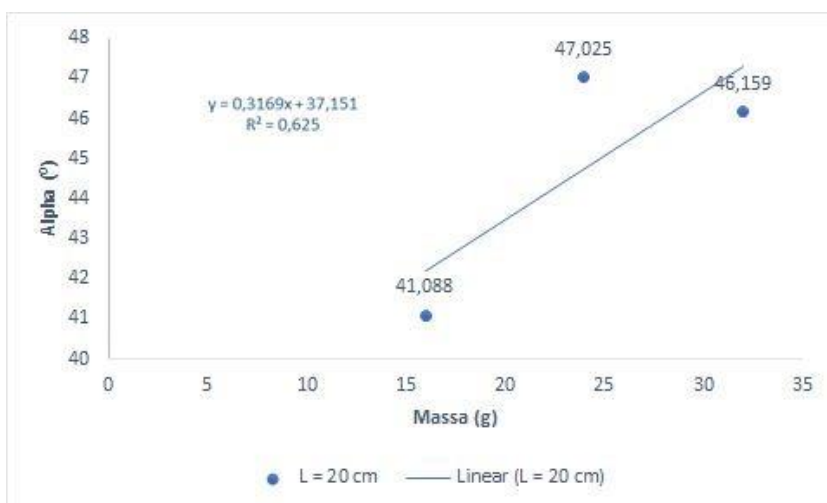
Gambar 14. Regresi percobaan variasi massa 32 gram dan panjang lengan 20 cm



Gambar 15. Regresi m dengan  $\alpha$  saat panjang lengan 10 cm



Gambar 16. Regresi m dengan  $\alpha$  saat panjang lengan 15 cm



Gambar 17. Regresi m dengan  $\alpha$  saat panjang lengan 20 cm

## 2. Foto-foto alat dan kegiatan pengerjaan RBL



Gambar 18. Foto pembuatan gerobak mobil berpendulum



Gambar 19. Foto pengambilan data

## 3. Catatan Kemajuan RBL

Tanggal	Jam	Tugas	Kehadiran	Media	Hasil	Keterangan
18 November 2022	19.00 – 22.00	Diskusi alat dan bahan yang dibutuhkan	Semua anggota hadir	Zoom Meeting	Pembagian bahan dan alat menjadi terkoordinir, sehingga alat dan bahan sudah menjadi tanggung jawab masing-masing.	Alat dan bahan diusahakan yang ada di rumah atau bekas
22 November 2022	07.00 – 15.00	Membuat kerangka mobil dan pendulum serta uji coba gerakan mobil	Semua anggota hadir	Offline di ITB	Mobil selesai dibuat	
23 November 2022	13.00 – 15.00	Membuat laporan percobaan bagian cover, tujuan, teori dasar, dan metode	Semua anggota hadir	Offline di ITB	Menyusun laporan sesuai dengan <i>template</i> yang tersedia	
24 November 2022	09.00 – 17.00	Mengambil data, membuat grafik	Semua anggota hadir	Offline di ITB	Menyusun laporan bagian Pengolahan data	

<b>Tanggal</b>	<b>Jam</b>	<b>Tugas</b>	<b>Kehadiran</b>	<b>Media</b>	<b>Hasil</b>	<b>Keterangan</b>
28 November 2022	17.30 – 22.00	Melanjutkan membuat laporan dan video	Semua anggota hadir	Offline di Kos Hasna	Laporan hampir selesai dibuat dan video selesai dibuat	
29 November 2022	12.00 – 15.00	Melanjutkan membuat laporan	Semua anggota hadir	Online via grup WA	Laporan selesai	

#### 4. Video kegiatan

Video dapat diunduh pada laman: <https://youtu.be/HD5LZxnsWhY>

#### 5. Tabel Pembagian Tugas

<b>NIM</b>	<b>NAMA</b>	<b>DESKRIPSI TUGAS</b>
16022004	Izza Nasira Azzahra	Membuat tabel dan grafik, formating laporan, dan menyusun lampiran.
16022046	Hasna Rosyida Nur Adila	Formating laporan, menyusun lampiran, menyusun prosedur kerja dan grafik serta mengambil data.
16022094	Naura Dhia Inayah	Mencari teori dasar, mengambil video pengambilan data, dan membuat alat peraga.
16022286	Naila Faza Choirunissa	Menyediakan alat bahan dan membuat tabelnya serta mengisi suara di video presentasi
16022304	Winda Vellisa Virgiani	Membuat video kegiatan dan membuat tabel dan grafik.
16022424	Lintang Arian Semesta	Mencari teori dasar, mencatat data, dan menyusun analisis.
16022454	Afifah Ulya Nadira	Mencari teori dasar, menyusun prosedur kerja, menyusun analisis, dan mengambil data.
16022466	Kamilia Tazkia Rahma Andini	Menyediakan alat, bahan, dan membuat tabelnya serta mengisi suara di video presentasi.