

KOMPARASI PENGUKURAN PERCEPATAN GRAVITASI BUMI DENGAN CARA GERAK JATUH BEBAS BIASA DAN DENGAN CASSYLAB

COMPARATIVE STUDY IN MEASURING EARTH GRAVITY ACCELERATION AND CASSY LAB.

Oleh :

Lasiman

(Staf Pengajar FISIKA UP MKU POLBAN)

ABSTRAK :

Cara menentukan nilai percepatan gravitasi bumi, yang sering dilakukan adalah dengan menggunakan metode gerak jatuh bebas. Hasil cara ini perlu dibandingkan dengan hasil pengukuran metode gerak jatuh bebas dengan metode berbantuan *CassyLab*.. Dengan *CassyLab* nilai percepatan gravitasi bumi dapat langsung diketahui pada layar monitor komputer setelah benda (*G-ladder*) dijatuhkan melewati sensor *CassyLab*, bahkan dengan alat ini dapat langsung diketahui grafik antara posisi dan waktu yang sesuai dengan teori. Dari hasil penelitian didapat bahwa hasil pengukuran dengan metode gerak jatuh bebas dan dengan bantuan *CassyLab* hampir sama.

Kata kunci: Percepatan gravitasi bumi, Gerak jatuh bebas, *CassyLab*

ABSTRACT:

There are some ways of determining value of earth gravity acceleration, for example with free fall motion. It is required to compare the result of measurement by ordinary free fall and constructively *Cassylab*. By means of *Cassylab* this value can be seen directly by in monitor computer after object (*G-Ladder*) dropped to pass *Cassylab* censor, even by means of this tool this earn known by direct of its position to time graph as according to theory. The results of this comparison show that both methods are agree in the gravity acceleration value.

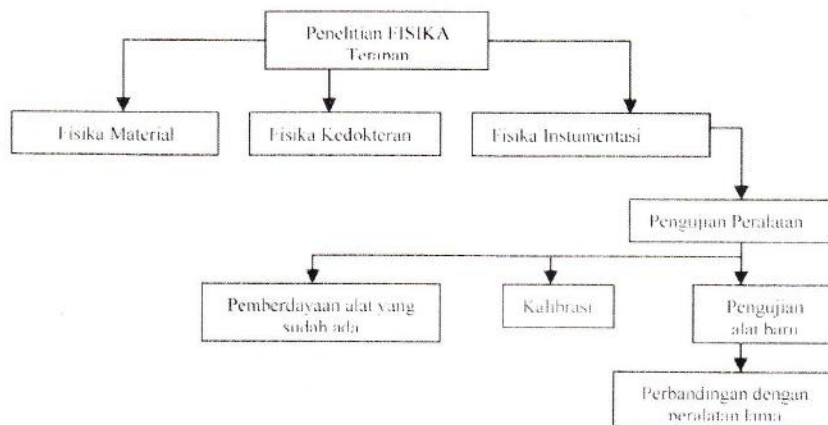
Keyword: Earth gravity acceleration, free fall motion, *Cassylab*

PENDAHULUAN

Sejauh ini pengukuran percepatan gravitasi bumi di Laboratorium FISIKA POLBAN dilakukan dengan menggunakan metode gerak jatuh bebas. Hasil pengukuran dengan metode ini cukup memuaskan terutama bila dibandingkan dengan literatur,⁽⁴⁾ yakni sekitar $9,8 \text{ m/s}^2$. Laboratorium Fisika POLBAN kini memiliki perangkat baru yang dapat mendukung proses pengukuran yaitu *Cassylab*. Berdasarkan literatur, perangkat ini dapat pula digunakan untuk mengukur percepatan gravitasi bumi.⁽³⁾

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran nilai percepatan gravitasi bumi (g) dengan dua cara, yaitu dengan gerak jatuh bebas (yang biasa dilakukan selama ini) serta dengan bantuan *Cassylab*.

Posisi proses perbandingan pengukuran yang dilakukan berada dalam "Road map" penelitian terapan seperti tergambar dalam bagan ini,



Gambar 1 : "Road map" Penelitian

TINJAUAN PUSTAKA

GAYA GRAVITASI UMUM

Dua benda yang masing-masing bermassa m_1 dan m_2 serta terpisah sejauh r , akan mengalami gaya tarik menarik gravitasi yang besarnya:

$$F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \dots \dots \dots (1)$$

dengan γ menyatakan tetapan gravitasi semesta.

Jika benda yang massanya m berada di sekitar permukaan bumi, maka benda tersebut akan ditarik oleh bumi dengan gaya sebesar :

$$F = mg \dots \dots \dots (2)$$

dengan g menyatakan percepatan gravitasi bumi.

Jika massa bumi M dan jari-jari bumi R maka dari persamaan (1) dan (2) diperoleh

$$g = \gamma \frac{M}{R^2} \dots\dots\dots(3)$$

jika nilai $\gamma = 6,6720 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$
 $M = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ $R = 6,400 \cdot 10^6 \text{ m}$,
 Maka diperoleh nilai percepatan gravitasi bumi (g) sebesar $9,79 \text{ m/s}^2$.⁽⁴⁾

NILAI NILAI PERCEPATAN GRAVITASI BUMI DI BERBAGAI BELAHAN DUNIA

Karena bumi berputar pada porosnya, maka secara fisis dapat diterangkan bahwa bagian kutub bumi lebih pipih daripada bagian katulistiwa. Jari - jari bumi di katulistiwa 21 km lebih besar dari pada jari-jari bumi di kutub, sehingga dari persamaan (3) didapat bahwa nilai g akan bertambah jika berpindah dari katulistiwa (garis lintang 0^0) ke kutub (garis lintang 90^0).

Tabel 1; Variasi g dengan garis lintang pada permukaan laut⁽⁴⁾

Garis Lintang	g (m/s ²)
0^0	9,78039
10^0	9,78195
20^0	9,78641
30^0	9,79329
40^0	9,80171
50^0	9,81071
60^0	9,81918
70^0	9,82608
80^0	9,83059
90^0	9,83217

Karena Bandung berada pada lintang sekitar 7^0 , maka dari tabel di atas dapat diperkirakan bahwa percepatan gravitasi bumi di Bandung adalah $9,781639 \text{ m/s}^2$ atau disederhanakan menjadi $9,78 \text{ m/s}^2$

METODE

Gerak jatuh bebas adalah gerakan benda yang jatuh tanpa kecepatan awal dari atas permukaan bumi dengan mengabaikan gesekan udara (artinya gesekan udara dianggap tidak ada), benda jatuh dari ketinggian yang jauh lebih kecil dari jari-jari bumi, sehingga gerakan benda tersebut termasuk gerak lurus berubah beraturan (GLBB) dengan percepatan sebesar percepatan gravitasi bumi (g) yang nilainya dianggap konstan. Dengan demikian, berlaku untuk GLBB

$$h = V_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \dots\dots\dots(4)$$

Dengan :

h = ketinggian (m)

V_0 = kecepatan awal (m/s)

t = waktu untuk jatuh sejauh h (s)

g = percepatan gravitasi bumi (m/s²)

Dari persamaan (4), karena kecepatan awal 0, maka

$$h = \frac{1}{2} g t^2 \dots\dots\dots(5)$$

Dengan menggunakan alat yang selama ini dipakai di Laboratorium Fisika POLBAN, h dan t dapat diukur, sehingga dengan persamaan (5) dapat dihitung nilai percepatan gravitasi bumi (g). Agar hasil ukur teliti, maka perlu diukur nilai t untuk beberapa ketinggian (h). Untuk menghitung nilai g pada persamaan (5) dengan mengetahui beberapa nilai h dan nilai t , maka persamaan (5) dapat diubah dalam bentuk :

$$y = ax + b \dots\dots\dots(6)$$

dimana : y = ketinggian

x = kuadrat waktu

$$a = \frac{1}{2} g$$

nilai a tidak lain adalah *slope* / kemiringan dari persamaan (6), yang nilainya dapat dihitung dengan cara grafik maupun dengan cara metode kuadrat terkecil.

Dengan menggunakan alat yang relatif baru (*Cassylab*), pelat yang mempunyai banyak celah yang samalebar dan jaraknya (G-Ladder) dijatuhkan dengan kecepatan awal nol dan celah-celah tersebut melewati sensor pada *Cassylab*. Pada layar monitor komputer terlihat gambar parabola untuk grafik posisi terhadap waktu; yang berarti ini sesuai dengan persamaan (5).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran untuk metode gerak jatuh bebas biasa ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 : Hasil pengukuran tinggi (h) dan waktu (t) untuk gerak jatuh bebas

h (m)	t (s)	$t^2 (s^2)$
0,05	0,101	0,010201
0,10	0,142	0,020164
0,15	0,173	0,029929
0,20	0,202	0,040804
0,25	0,225	0,050625
0,30	0,247	0,061009
0,35	0,265	0,070225
0,40	0,282	0,079524
0,45	0,303	0,091809
0,50	0,316	0,099856
0,55	0,335	0,112225
0,60	0,350	0,122500
0,65	0,362	0,131044
0,70	0,378	0,142884
0,75	0,391	0,152881
0,80	0,404	0,163216
0,85	0,416	0,173056
0,90	0,428	0,183184
0,95	0,440	0,193600
1,00	0,452	0,204304

METODE GERAK JATUH BEBAS BIASA

Telah disebutkan pada metode penelitian, bahwa untuk menentukan nilai g dengan cara jatuh bebas biasa ini dilakukan dengan metode kuadrat terkecil. Dari data pengamatan, h di ganti y dan t^2 diganti x , seperti tabel 3 berikut ini

Tabel 3 : Perhitungan regresi untuk data gerak jatuh bebas

No	x	y	x^2	y^2	xy
1	0,010201	0,05	0,000104	0,0025	0,000510
2	0,020164	0,10	0,000407	0,0100	0,002016
3	0,029929	0,15	0,000896	0,0225	0,004489
4	0,040804	0,20	0,001665	0,0400	0,008161
5	0,050625	0,25	0,002563	0,0625	0,012656
6	0,061009	0,30	0,003722	0,0900	0,018303
7	0,070225	0,35	0,004932	0,1225	0,024579
8	0,079524	0,40	0,006324	0,1600	0,031810
9	0,091809	0,45	0,008429	0,2025	0,041314
10	0,099856	0,50	0,009971	0,2500	0,049928
11	0,112225	0,55	0,012594	0,3025	0,061724
12	0,122500	0,60	0,015006	0,3600	0,073500
13	0,131044	0,65	0,017173	0,4225	0,085179
14	0,142884	0,70	0,020416	0,4900	0,100019
15	0,152881	0,75	0,023373	0,5625	0,114661
16	0,163216	0,80	0,026639	0,6400	0,130573
17	0,173056	0,85	0,029948	0,7225	0,147098
18	0,183184	0,90	0,033556	0,8100	0,164866
19	0,193600	0,95	0,037481	0,9025	0,183920
20	0,204304	1,00	0,041740	1,0000	0,204304
total	2,133040	10,50	0,296939	7,1750	1,459608

Nilai a dapat dihitung dari persamaan:

$$a = \frac{N\sum xy - \sum x \sum y}{N\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = 4,892$$

karena $g = 2a$,

$$a = \frac{(20)(1,459608) - (2,133040)(10,50)}{(20)(0,296939) - (2,133040)^2}$$

maka didapat $g = (2)(4,892)$
 $g = 9,784 \text{ m/s}^2$

Gerak Jatuh Bebas Dengan Bantuan *CassyLab*

Pengukuran percepatan gravitasi bumi dengan bantuan *CassyLab*, caranya *G-Ladder* dijatuhkan sehingga melewati sensor *CassyLab* dan nilai g langsung terbaca pada layar monitor komputer. Dari percobaan ini data langsung terekam dalam komputer. Untuk mengetahui nilai g dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu melalui hubungan $s(t)$; $v(t)$ dan $a(t)$.

Tabel 4 : Hasil pengukuran g menggunakan data $s(t)$

No	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$
1	9,80
2	9,78
3	10,54
4	10,72
5	9,84
6	9,84
7	9,84
8	9,70
9	9,70
10	9,68
11	9,74
12	9,96
13	9,68
14	9,76
15	9,70
16	9,79
17	9,67
18	9,64
19	9,78
20	9,86
Rata-rata	9,851

Tabel 5 : Hasil pengukuran g menggunakan data $v(t)$

No	$g \text{ (m/s}^2\text{)}$
1	9,80
2	9,76
3	10,04
4	10,12
5	9,82
6	9,84
7	9,75
8	9,68
9	9,86
10	9,77
11	9,70
12	9,77
13	9,70
14	9,71
15	9,72
16	9,45
17	9,64
18	9,78
19	9,93
20	9,77
Rata-rata	9,7805

Tabel 6 : Hasil pengukuran g menggunakan data $a(t)$

No	$G \text{ (m/s}^2\text{)}$
1	$9,81 \pm 0,03$
2	$9,74 \pm 0,16$
3	$9,91 \pm 0,15$
4	$10,13 \pm 0,12$
5	$9,72 \pm 0,08$
6	$9,78 \pm 0,11$
7	$9,76 \pm 0,16$
8	$9,68 \pm 0,17$
9	$9,86 \pm 0,05$
10	$9,69 \pm 0,08$
11	$9,69 \pm 0,14$
12	$9,74 \pm 0,14$
13	$9,64 \pm 0,13$
14	$9,67 \pm 0,20$
15	$9,57 \pm 0,13$
16	$9,60 \pm 0,20$
17	$9,75 \pm 0,09$
18	$9,87 \pm 0,11$

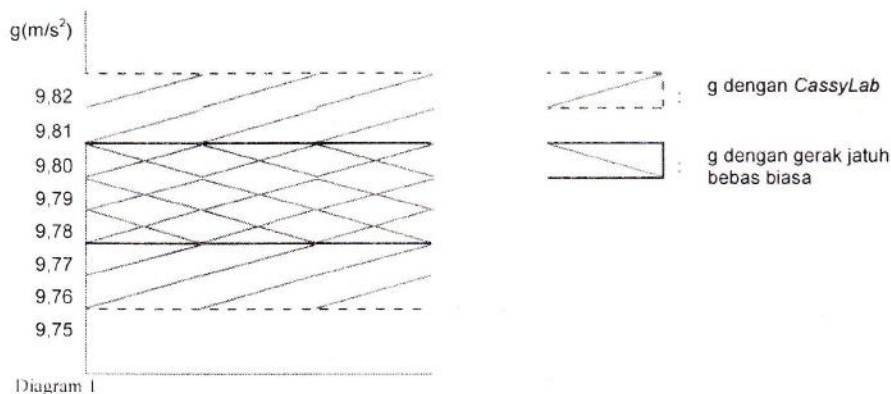
19	$9,70 \pm 0,10$
20	$9,71 \pm 0,15$
Rata-rata	$9,751 \pm 0,045$

Dengan demikian nilai g rerata yang diperoleh dengan menggunakan *Cassylab* sebesar : $9,824 \text{ m/s}^2$

Data pada tabel 4 (hubungan $s(t)$) diperoleh dari perhitungan data jarak tempuh terhadap waktu, yang lalu secara otomatis dihitung oleh perangkat *Cassylab* menggunakan persamaan (5) untuk mendapatkan nilai g .

Dengan demikian nilai g rerata yang diperoleh dengan menggunakan *Cassylab* adalah sebesar $9,84 \text{ m/s}^2$

Perbandingan antara hasil pengukuran metode Gerak Jatuh Bebas dan hasil pengukuran *Cassylab* ditunjukkan pada gambar . Terlihat baha keduanya beririsan pada nilai g antara $9,755$ sampai dengan $9,806 \text{ m/s}^2$



Gambar 2 : Irisan dua hasil pengukuran

Data pada tabel 5 (hubungan $v(t)$) diperoleh dari perhitungan data kecepatan setiap saat terhadap waktu, yang lalu secara otomatis dihitung oleh perangkat *Cassylab* untuk mendapatkan nilai g .

Data pada tabel 6 (hubungan (t)) diperoleh dari perhitungan data percepatan setiap saat terhadap waktu.

KESIMPULAN

Hasil pengukuran percepatan gravitasi bumi (g) dengan gerak jatuh bebas biasa lebih mendekati literatur (dengan toleransi 0,061%), dibandingkan dengan menggunakan *CassyLab* (yang toleransinya 0,347%)

Meskipun dengan cara gerak jatuh bebas biasa didapat harga g mendekati literatur yang ada, namun penelitian dengan cara ini tidak efektif karena perlu mengukur ketinggian dengan teliti secara manual sehingga memerlukan waktu yang lebih lama.

Dengan menggunakan *CassyLab*, nilai percepatan gravitasi bumi dapat langsung diketahui pada layar monitor, sesaat setelah percobaan dilakukan, dengan demikian cara ini sangat menghemat waktu dan tenaga

DAFTAR PUSTAKA

1. Beiser, A. et.al., (1991). Schaum's Outline of Theory and Problems of Applied Physics, New York: Mc-Graw-Hill Book Company.
2. Beiser, A., (1991). Modern Technical Physics, New York: Addison Wesley Publishing Company.
3. Hund, M., et.al., (2004). Cassy Lab Manual (524 202), Leybold Didactic GmbH
4. Resnick R, Halliday D. (1985). FISIKA EDISI 3, Jakarta: Erlangga