BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan membahas mengenai pengujian alat, pengukuran jarak, dan analisa pada alat yang dibuat dan dibandingkan dengan percobaan yang dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Komputer Indonesia (UNIKOM). Pengujian alat ini dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Komputer Indonesia dengan jangka waktu sekitar satu sampai dua bulan.

4.1 Pengujian Perangkat Keras

4.1.1 Pengujian Catu Daya

Pengujian dilakukan dengan mengukur sumber tegangan pada rangkaian catu daya. Tegangan dari trafo disearahkan sebesar 9, 12, dan 15 volt AC, sehingga didapatkan tegangan DC setelah penyearahan dan peregulasian dengan menggunakan IC voltreg. Menghasilkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Pengujian Catu Daya

No	IC Voltreg	Tegangan Input	Tegangan Output
1	7805	6 VAC	4.7 Vdc
2	7809	12.36 VAC	8.99 Vdc

4.1.2 Pengujian Sensor

Pengujian yang dilakukan pada sensor terdiri dari beberapa tahap. Mulai dari tahap pengujian keluaran tegangan di komparator yang akan dijadikan sebagai masukan ke mikrokontroler agar hanya terdapat dua nilai diskrit yaitu 1 atau 0.

Pengukuran tegangan ini dilakukan untuk mengetahui respon dari sensor LDR (Light Dependen Resistor) yang digunakan.Tegangan diukur saat LDR mendapatkan cahaya dan saat LDR tidak mendapatkan cahaya

Tabel 4.2 Pengujian LDR dengan tegangan

No	Keadaan LDR	Tegangan Output
1	Terkena Cahaya	5.55 V
2	Tidak Terkena Cahaya	91.8 mV

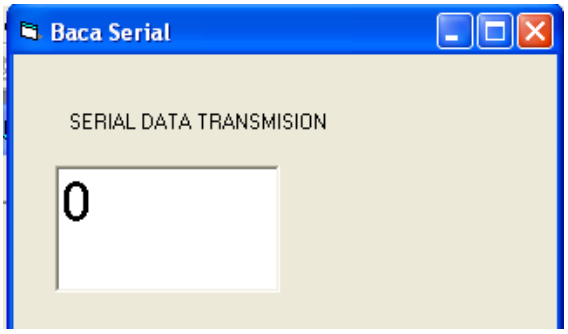
Setelah mendapatkan respon yang diukur melalui tegangan, maka sensor akan dilakukan pengujian dengan mengirimkan sebuah karakter atas respon yang akan didapat

oleh sensor. Pengujian ini dilakukan agar data yang akan dikirim sensor dapat dibaca dan sampai di komputer.

Setelah itu dilakukan percobaan antara LDR yang terkena cahaya dengan tidak terkena cahaya. Ketika terkena cahaya maka sensor akan mengirimkan sebuah karakter, ini digunakan untuk membuktikan bahwa sensor sudah dapat mengirim data ke komputer.

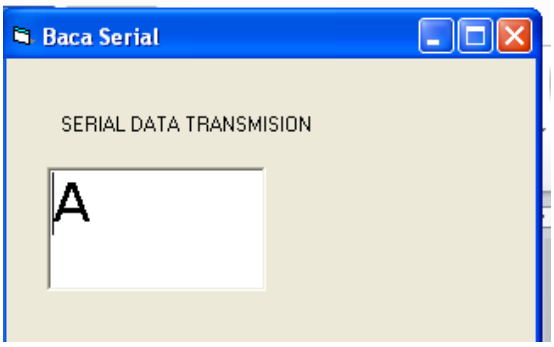
Tabel 4.3 Pengujian LDR dengan Karakter

No	Keadaan LDR	Karakter yang dikirim ke Komputer
1	Terkena Cahaya	A
2	Tidak Terkena Cahaya	0



Gambar 4.1 Pengiriman Karakter 0

Gambar 4.1 merupakan hasil data untuk mengetahui respon atau percobaan pengiriman data dari sensor ke komputer.Data yang dikirimkan saat sensor LDR tidak terkena cahaya atau tertutup adalah karakter “0”.



Gambar 4.2 Pengiriman Karakter A

Pada gambar 4.2 merupakan hasil data yang dikirimkan ke komputer ketika sensor LDR tersebut terkena cahaya.Saat sensor LDR terkena cahaya maka dalam pengujian dikirimkan sebuah karakter “A”, ini ditujukan untuk membedakan pengiriman data saat sensor terkena cahaya dengan yang tidak terkena cahaya.

4.2 Analisa Perbandingan Secara Manual dan Otomatis

Untuk analisa perbandingan data, dilakukan pengambilan data secara manual dan otomatis. Pengambilan data ini dilakukan di Laboratorium Fisika Universitas Komputer Indonesia (UNIKOM) Bandung. Baik data secara manual ataupun secara otomatis. Data manual diambil dengan menggunakan Pesawat *Atwood* yang ada di Laboratorium Fisika, sedangkan data otomatis diambil dengan Pesawat *Atwood* yang dirancang secara otomatis.

4.2.1 Hasil Analisa secara Manual

Analisis secara manual dilakukan dengan melakukan pengambilan data, yaitu pengambilan waktu yang ditempuh oleh benda (t) dengan menggunakan stopwatch terhadap jarak yang ditempuh (x). Perubahan jarak dilakukan secara manual, serta mengacu pada praktikum yang biasa dilakukan di Laboratorium Fisika UNIKOM.

Tabel 4.4 Data praktikum secara manual

No	x (cm)	t (detik)
1	15	0.76
2	30	1.24
3	45	1.56
4	60	1.85
5	75	2.11
6	90	2.34
7	105	2.49
8	120	2.72

Tabel 4.5 Data Pengolahan Least Square

No	jarak yang ditempuh (x) sebagai sumbu Y(cm)	t (detik)	t^2 sebagai sumbu X(detik)	X^2	X.Y
1	15	0.76	0.58	0.33	8.66
2	30	1.24	1.54	2.36	46.13
3	45	1.56	2.42	5.88	109.09
4	60	1.85	3.42	11.66	204.91
5	75	2.11	4.47	19.97	335.17
6	90	2.34	5.46	29.83	491.54
7	105	2.49	6.21	38.56	652.06
8	120	2.72	7.38	54.50	885.85
	$\sum Y = 540$		$\sum X = 31.48$	$\sum X^2 = 163.10$	$\sum XY = 2733.41$

Dari tabel 4.5 diatas, kita dapat menghitung nilai dari percepatan benda dengan rumus $X = X_0 + \frac{1}{2} a.t^2$ terhadap persamaan garis lurus y = Ax + B, dimana A adalah gradient atau kecepatan.

$$A = \frac{N \sum x.y - (\sum x)(\sum y)}{N \sum x2 - (\sum x)2}$$

$$B = \frac{1}{N} (\sum y - A \sum x)$$

Dimana N adalah jumlah data yaitu delapan, sumbu y adalah posisi benda, sumbu x adalah waktu tempuh benda, dan A gradien berupa percepatan benda. $A = \frac{1}{2}a$ maka nilai dari a = 2 * A = 2 x gradien.

Maka untuk perhitungan nilai gradien (A) dan konstanta (B) dari rumus diatas adalah sebagai berikut :

$$A = \frac{(8*2733.41) - (31.48*540)}{(8*163.10) - (31.48)2}$$

$$A = \frac{(21867.30) - (16997.73)}{(1304.79) - (990.82)}$$

$$A = \frac{4869.58}{313.97}$$

$$A = 15.51$$

$$B = \frac{1}{N} (\sum y - A \sum x)$$

$$B = \frac{1}{8} (540 - (15.51* 31.48))$$

$$B = \frac{1}{8} (540 - 488.20)$$

$$B = \frac{1}{8} (51.80)$$

$$B = 6.47$$

Untuk mengkoreksi nilai dari data percobaan pada sumbu y dengan menggunakan metode least square, akan didapatkan koreksi nilai yang sesuai sebagai berikut :

y1 = A*x1 + B	y2 = A*x2 + B	y3 = A*x3 + B
= 15.51*0.58 + 6.47	= 15.51*1.54 + 6.47	= 15.51*2.42 + 6.47
= 9.00+6.47	= 23.89 + 6.47	= 37.53 + 6.47
= 15.47	= 30.36	= 44

y4 = A*x1 + B
= 15.51*3.42 + 6.47
= 53.04 + 6.47
= 59.51

y5 = A*x5 + B
= 15.51*4.47 + 6.47
= 69.33 + 6.47
= 75.80

y6 = A*x6 + B
= 15.51*5.46+6.47
= 84.68+6.47
= 91.15

y7 = A*x7 + B
= 15.51*6.21 + 6.47
= 96.32 + 6.47
= 102.79

y8 = A*x8+B
= 15.51*7.38+6.47
= 114.46 + 6.47
= 120.93

Untuk menghitung nilai percepatan dari benda tersebut yaitu dengan menggunakan hasil dari Metode Least Square yaitu ;

$X = Xo + \frac{1}{2} a\, t^2$ terhadap Y = Ax + B, maka untuk nilai percepatannya :

$A = \frac{1}{2} a$, maka nilai a = 2*A = 2*15.51 = 31.02 cm/s^2

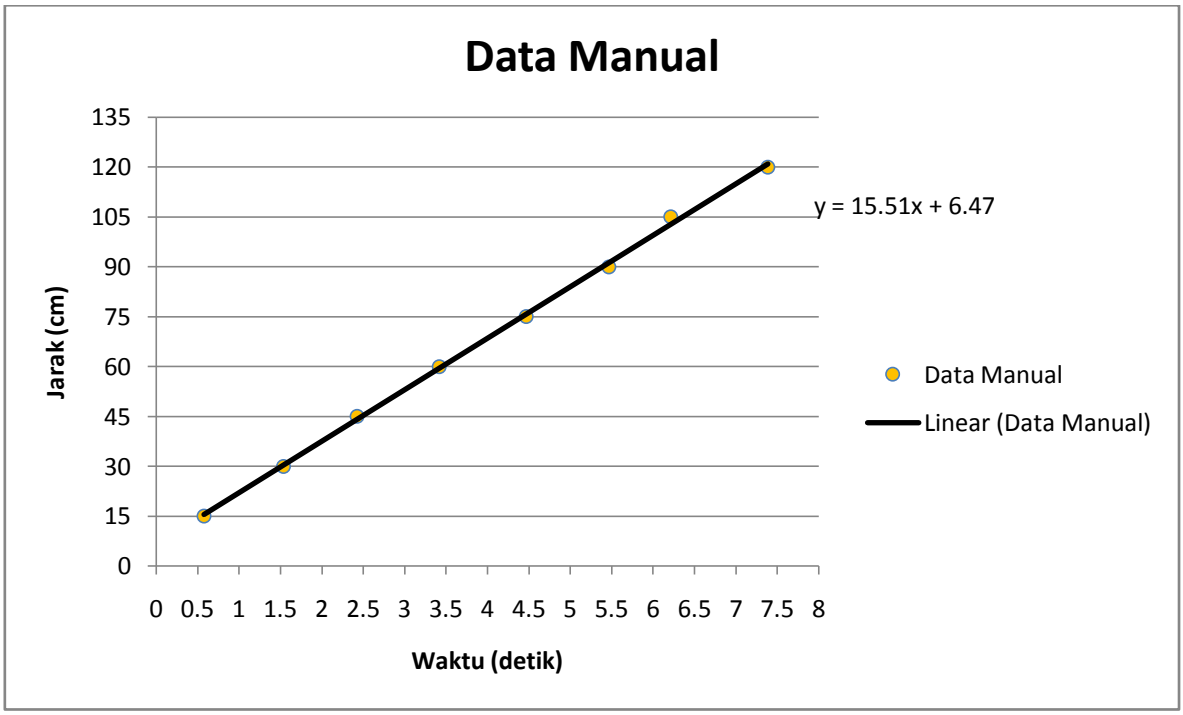
Jadi, percepatan yang dihasilkan sebesar 0.31 m/s^2

Untuk mengetahui nilai kesalahan relatif, maka dilakukan perbandingan nilai y yang dihasilkan dengan perhitungan secara least square dan nilai y yang diamati hasil dari percobaan.

Tabel 4.6 Perbandingan Nilai Y secara Manual

No	Y percobaan (cm)	Y hasil least square (cm)	Selisih	Persentase kesalahan (%)
1	15	15.47	0.47	3.04
2	30	30.36	0.36	1.19
3	45	44	1	2.27
4	60	59.51	0.49	0.82
5	75	75.80	0.8	1.06
6	90	91.15	1.15	1.26
7	105	102.79	2.21	2.15
8	120	120.93	0.93	0.77

Maka dari data manual tersebut digambarkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 4.3 Grafik Percobaan secara Manual

4.2.2 Hasil Analisa secara Otomatis

Pengambilan data secara otomatis dilakukan di Laboratorium Fisika UNIKOM pada tanggal 9, 16, 19, 20, dan 21 November 2012. Data secara otomatis ini dilakukan pengambilan data dengan menggunakan 2, 6, dan 8 sensor.

Analisa secara otomatis dengan melakukan pengambilan data pada Pesawat *Atwood* secara otomatis, yaitu pengambilan waktu tempuh (t) tidak menggunakan stopwatch, dan pencatatan jarak yang ditempuh oleh benda dilakukan oleh sensor yang telah dibuat dengan memanfaatkan mikrokontroler yang telah diprogram dan menampilkan hasilnya pada layar komputer.

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan dua sensor terlebih dahulu dengan hasil percobaan sebagai berikut :

Tabel 4.7 Data Otomatis Dua Sensor

No	x (cm)	t (detik)
1	15	0.51
2	30	1.21

Tabel 4.8 Data Pengolahan Least Square Dua Sensor

No	x sebagai sumbu Y(cm)	t (detik)	t^2 sebagai sumbu X (detik)	X^2	X.Y
1	15	0.51	0.26	0.07	3.93
2	30	1.21	1.45	2.11	43.56
	∑Y = 45		∑X = 1.71	$\sum X^2$ = 2.18	∑XY=47.49

Dari tabel 4.7, kita dapat menghitung percepatan benda dengan rumus $X = X_0 + \frac{1}{2} a.t^2$ terhadap persamaan garis lurus Y = Ax + B.

$$A = \frac{N \sum x.y - (\sum x)(\sum y)}{N \sum x2 - (\sum x)2}$$

$$B = \frac{1}{N} (\sum y - A \sum x)$$

Dimana N adalah jumlah data yaitu delapan, sumbu y adalah posisi benda, sumbu x adalah waktu tempuh benda, dan A gradien berupa percepatan benda. $A = \frac{1}{2}a$ maka nilai dari a = 2 * A = 2 x gradien.

Maka untuk perhitungan nilai gradien (A) dan konstanta (B) dari rumus diatas adalah sebagai berikut :

$$A = \frac{(2*47.49) - (1.71*45)}{(2*2.18) - (1.71)2}$$

$$A = \frac{(94.99) - (77.14)}{(4.35) - (2.94)}$$

$$A = \frac{17.85}{1.42}$$

$$A = 12.61$$

$$B = \frac{1}{N} (\sum y - A \sum x)$$

$$B = \frac{1}{2} (45 - (12.61* 1.71))$$

$$B = \frac{1}{2} (45 - 21.61)$$

$$B = \frac{1}{2} (23.39)$$

$$B = 11.70$$

Untuk menghitung nilai percepatan dari benda tersebut yaitu dengan menggunakan hasil dari Metode Least Square yaitu ;

$X = Xo + \frac{1}{2} a\ t^2$ terhadap Y = Ax + B, maka untuk nilai percepatannya :

A = $\frac{1}{2}$ a, maka nilai a = 2*A = 2*12.61 = 25.22 cm/s^2

Jadi, percepatan yang dihasilkan sebesar 0.25 m/s^2

Pengambilan data selanjutnya dengan menggunakan enam buah sensor dengan mengambil enam data percobaan, dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.9 Data Otomatis Enam Sensor

No	x (cm)	t (detik)
1	15	0.51
2	30	1.19
3	45	1.39
4	60	1.55
5	75	2.10
6	90	2.23

Tabel 4.10 Data Pengolahan Least Square Enam Sensor

No	x sebagai sumbu Y(cm)	t (detik)	t^2 sebagai sumbu X(detik)	X^2	X.Y
1	15	0.51	0.26	0.07	3.84
2	30	1.19	1.41	1.98	42.20
3	45	1.39	1.94	3.75	87.19
4	60	1.55	2.40	5.76	143.96
5	75	2.10	4.41	19.41	330.44
6	90	2.23	4.97	24.73	447.56
	∑Y = 315		∑X = 15.38	∑X^2 = 55.70	∑XY = 1055.19

Dari tabel 4.10, kita dapat menghitung percepatan benda dengan rumus X = X_0 + $\frac{1}{2}$ a.t^2 terhadap persamaan garis lurus Y = Ax + B.

$$A = \frac{N \sum x.y - (\sum x)(\sum y)}{N \sum x2 - (\sum x)2}$$

$$B = \frac{1}{N} (\sum y - A \sum x)$$

Dimana N adalah jumlah data yaitu delapan, sumbu y adalah posisi benda, sumbu x adalah waktu tempuh benda, dan A gradien berupa percepatan benda. A = $\frac{1}{2}$a maka nilai dari a = 2 * A = 2 x gradien.

Maka untuk perhitungan nilai gradien (A) dan konstanta (B) dari rumus diatas adalah sebagai berikut :

$A = \frac{(6*1055.19)-(15.38*315)}{(6*55.70)-(15.38)2}$

$A = \frac{(6331.16)-(4844.20)}{(334.18)-(236.50)}$

$A = \frac{1486.97}{97.68}$

$A = 15.22$

$B = \frac{1}{N} (\sum y - A \sum x)$

$B = \frac{1}{6} (315 - (15.22* 15.38))$

$B = \frac{1}{6} (315 - 234.09)$

$B = \frac{1}{6} (80.91)$

$B = 10.11$

Untuk menghitung nilai percepatan dari benda tersebut yaitu dengan menggunakan hasil dari Metode Least Square yaitu ;

$X = Xo + \frac{1}{2} a t^2$ terhadap $Y = Ax + B$, maka untuk nilai percepatannya :

$A = \frac{1}{2} a$, maka nilai $a = 2*A = 2*15.22 = 30.44$ cm/s^2

Jadi, percepatan yang dihasilkan sebesar 0.30 m/s^2

Pengambilan data dengan cara otomatis yang terakhir adalah dengan melakukan percobaan menggunakan delapan buah sensor, dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.11 Data Otomatis Delapan Sensor

No	x (cm)	t (detik)
1	15	0.82
2	30	1.21
3	45	1.43
4	60	1.84
5	75	2.14
6	90	2.28
7	105	2.42
8	120	2.63

Tabel 4.12 Data Pengolahan Least Square Delapan Sensor

No	x sebagai sumbu Y(cm)	t (detik)	t^2 sebagai sumbu X(detik)	X^2	X.Y
1	15	0.82	0.67	0.45	10.09
2	30	1.21	1.46	2.14	43.92
3	45	1.43	2.04	4.18	92.02
4	60	1.84	3.39	11.46	203.14
5	75	2.14	4.58	20.97	343.47
6	90	2.28	5.20	27.02	467.86
7	105	2.42	5.86	34.30	614.92
8	120	2.63	6.92	47.84	830.03
	∑Y = 540		∑X = 30.12	$\sum X^2$ = 148.38	∑XY = 2605.44

Dari tabel 4.4 diatas, kita dapat menghitung nilai dari percepatan benda dengan rumus $X = X_0 + \frac{1}{2} a.t^2$ terhadap persamaan garis lurus Y = Ax + B.

$$A = \frac{N \sum x.y - (\sum x)(\sum y)}{N \sum x2 - (\sum x)2}$$

$$B = \frac{1}{N} (\sum y - A \sum x)$$

Dimana N adalah jumlah data yaitu delapan, sumbu y adalah posisi benda, sumbu x adalah waktu tempuh benda, dan A gradien berupa percepatan benda. $A = \frac{1}{2}a$ maka nilai dari a = 2 * A = 2 x gradien.

Maka untuk perhitungan nilai gradien (A) dan konstanta (B) dari rumus diatas adalah sebagai berikut :

$$A = \frac{(8*2605.44) - (30.12*540)}{(8*148.38) - (30.12)2}$$

$$A = \frac{(20843.53) - (16263.88)}{(1187.01) - (907.11)}$$

$$A = \frac{4579.65}{279.90}$$

$$A = 16.36$$

$$B = \frac{1}{N} (\sum y - A \sum x)$$

$$B = \frac{1}{8} (540 - (16.36* 30.12))$$

$$B = \frac{1}{8} (540 - 492.76)$$

$B = \frac{1}{8}(47.24)$

$B = 5.91$

Untuk mengkoreksi nilai dari data percobaan pada sumbu y dengan menggunakan metode least square, akan didapatkan koreksi nilai yang sesuai sebagai berikut :

y1 = A*x1 + B
= 16.36*0.67 + 5.91
= 10.96+5.91
= 16.87

y2 = A*x2 + B
= 16.36*1.46 + 5.91
= 23.89 + 5.91
= 29.80

y3 = A*x3 + B
= 16.36*2.04 + 5.91
= 33.37 + 5.91
= 39.28

y4 = A*x4 + B
= 16.36*3.39 + 5.91
= 55.46 + 5.91
= 61.37

y5 = A*x5 + B
= 16.36*4.58 + 5.91
= 74.93 + 5.91
= 80.84

y6 = A*x6 + B
= 16.36*5.20+5.91
= 85.07+5.91
= 90.98

y7 = A*x7 + B
= 16.36*5.86 + 5.91
= 95.87 + 5.91
= 101.78

y8 = A*x8+B
= 16.36*6.92+5.91
= 113.21 + 5.91
= 119.12

Untuk menghitung nilai percepatan dari benda tersebut yaitu dengan menggunakan hasil dari Metode Least Square yaitu ;

$X = Xo + \frac{1}{2} a\, t^2$ terhadap $Y = Ax + B$, maka untuk nilai percepatannya :

$A = \frac{1}{2} a$, maka nilai $a = 2*A = 2*16.36 = 32.72\ cm/s^2$

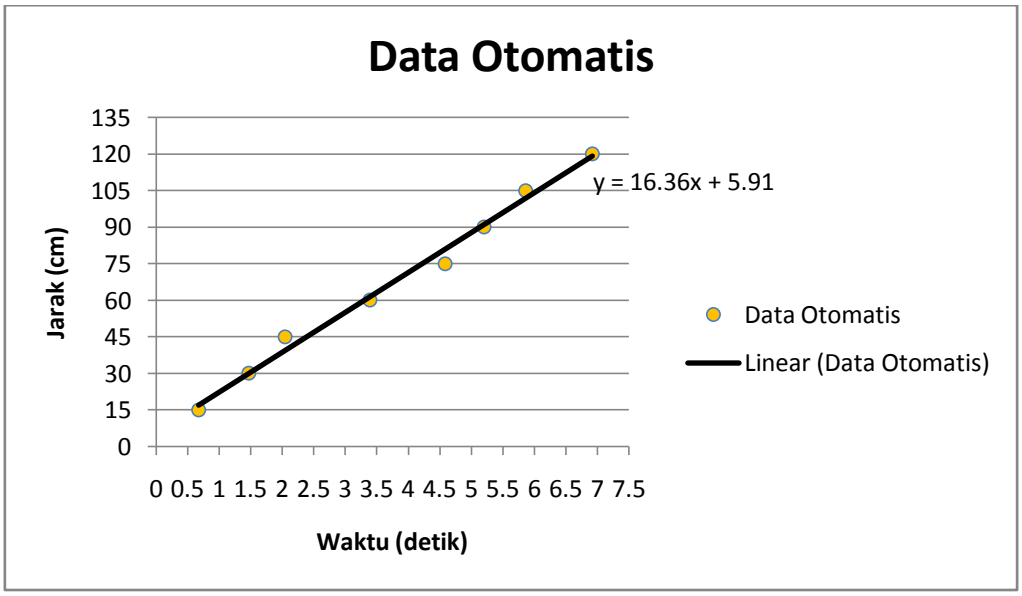
Jadi, percepatan yang dihasilkan sebesar $0.33\ m/s^2$

Untuk mengetahui nilai kesalahan relatif, maka dilakukan perbandingan nilai y yang dihasilkan dengan perhitungan secara least square dan nilai y yang diamati hasil dari percobaan.

Tabel 4.13 Perbandingan Nilai Y secara Otomatis

No	Y percobaan (cm)	Y hasil least square (cm)	Selisih	Persentase kesalahan (%)
1	15	16.87	1.87	11.08
2	30	29.8	0.2	0.67
3	45	39.28	5.72	14.56
4	60	61.37	1.37	2.23
5	75	80.84	5.84	7.22
6	90	90.98	0.98	1.08
7	105	101.78	3.22	3.16
8	120	119.12	0.88	0.74

Maka dari data otomatis menggunakan delapan sensor, dapat dibuat grafik sebagai berikut :



Gambar 4.4 Grafik Data Otomatis dengan Delapan Sensor

Percepatan gerak sistem dihitung dengan menggunakan persamaan ;

$a = \frac{m.g}{M1+M2+m} = \frac{6.5*10}{58.93+59.05+6.5} = \frac{65}{124.48} = 0.52\ m/s^2$

Sedangkan nilai percepatan dari data yang dilakukan pengambilannya secara manual dan otomatis, serta diolah dengan metode Least Square menghasilkan nilai percepatan sebagai berikut :

- Nilai Percepatan secara manual

  $a = 0.31 m/s^2$

- Nila Percepatan secara otomatis
  1. Dengan 2 sensor yaitu 0.25 m/s^2
  2. Dengan 6 sensor yaitu 0.30 m/s^2
  3. Dengan 8 sensor yaitu 0.33 m/s^2

Perbandingan nilai percepatan benda dengan menggunakan 2, 6, dan 8 buah sensor. Nilai percepatan ini dibandingkan dengan nilai percepatan sistem pada Pesawat *Atwood*, yaitu :

Tabel 4.14 Perbandingan Nilai Percepatan secara Otomatis

	Percepatan Benda (m/s^2)	Percepatan Sistem (m/s^2)	Selisih	Selisih (%)
2 Sensor	0.25	0.52	0.27	51.92
6 Sensor	0.30	0.52	0.22	42.31
8 Sensor	0.33	0.52	0.19	36.54

Untuk melihat perbandingan antara nilai percepatan yang dilakukan dengan cara otomatis dengan nilai percepatan secara manual dan dibandingkan dengan percepatan sistem maka terlihat pada tabel berikut :

Tabel 4.15 Perbandingan Nilai Percepatan Manual dan Otomatis

	Percepatan Benda (m/s^2)	Percepatan Sistem (m/s^2)	Selisih	Selisih (%)
Manual	0.31	0.52	0.21	40
Otomatis	0.33	0.52	0.19	36