

## Analisis Gerak Pesawat Atwood Menggunakan Sensor IR-LED dan Pengolahan Citra

Ahmad Zaroni\*, Sigit Ristanto, dan Harto Nuroso

Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas PGRI Semarang, Semarang, Indonesia  
Jl. Lontar No. 1 Semarang

\*E-mail: [ahmadroni732@gmail.com](mailto:ahmadroni732@gmail.com)

**Abstrak.** Praktikum Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) yang umum digunakan yaitu dengan menggunakan set alat pesawat Atwood. Pengoperasian alat ini biasanya masih dilakukan secara tradisional menggunakan *stopwatch*. Seringkali praktikum yang dilakukan dengan alat tradisional menghasilkan data yang kurang akurat, sehingga perlu dikembangkan set alat yang beroperasi secara otomatis. Set alat otomatis yang dapat dikombinasikan dengan pesawat Atwood diantaranya yaitu sensor IR-LED dan *software* pengolahan citra *TRACKER*. Penelitian ini dilakukan untuk mencari tahu perbedaan keakuratan antara sensor IR-LED dan *software TRACKER* dalam analisis GLB dan GLBB menggunakan pesawat Atwood. Penelitian ini dilakukan sebanyak 10 kali pada setiap alatnya. Didapati hasil, rata-rata kecepatan 46,89 cm/s untuk analisis menggunakan sensor IR-LED dan 48,35 cm/s untuk rata-rata kecepatan analisis menggunakan *software TRACKER*. Sedangkan rata-rata percepatan yang terukur adalah 59,42 cm/s<sup>2</sup> untuk analisis menggunakan sensor IR-LED dan 54,85 cm/s<sup>2</sup> untuk analisis menggunakan *software TRACKER*. Perbedaan hasil pengukuran dari kedua percobaan dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan keakuratan antara sensor IR-LED dan *software TRACKER* yang digunakan untuk menganalisis GLB dan GLBB pada pesawat Atwood.

*Kata kunci:* Pesawat Atwood, IR-LED, pengolahan citra, *TRACKER*

**Abstract.** Practicum of Uniform Motion (GLB) and Uniformly Changing Motion (GLBB) which are commonly used are using the Atwood plane tool set. The operation of this tool is usually still done traditionally using a stopwatch. Often practicums carried out with traditional tools produce less accurate data, so it is necessary to develop a set of tools that operate automatically. Sets of automatic tools that can be combined with Atwood aircraft include IR-LED sensors and *TRACKER* image processing software. This research was conducted to find out the difference in accuracy between the IR-LED sensor and the *TRACKER* software in the analysis of GLB and GLBB using the Atwood aircraft. This research was carried out 10 times on each tool. The results showed that the average speed was 46.89 cm/s for analysis using the IR-LED sensor and 48.35 cm/s for the average speed of analysis using *TRACKER* software. While the average acceleration measured is 59.42 cm/s<sup>2</sup> for analysis using IR-LED sensors and 54.85 cm/s<sup>2</sup> for analysis using *TRACKER* software. The difference in the measurement results of the two tools, concluded that there was a difference in accuracy between the IR-LED sensor and the *TRACKER* software used to analyze GLB and GLBB on Atwood aircraft.

*Keywords:* Atwood aircraft, IR-LED, image processing, *TRACKER*

## 1. Pendahuluan

Fisika merupakan bagian dari ilmu sains yang memahami tentang gejala - gejala yang terjadi di alam atau lingkungan sekitar. Konsep dalam ilmu fisika juga dapat diterapkan dan dimanfaatkan langsung dalam kehidupan manusia sehari-hari. Hal ini menjadi landasan kenapa ilmu fisika menjadi salah satu mata pelajaran yang diajarkan dari siswa tingkat dasar sampai tingkat perguruan tinggi. Pada mata pelajaran fisika, selain memaparkan secara teori, konsep ilmu fisika tersebut juga di ajarkan melalui kegiatan praktikum. Kegiatan praktikum ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman peserta didik dan sekaligus untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis mereka secara objektif dan rasional dalam memahami konsep fisika yang dipraktikumkan [1].

Salah satu materi dalam mata pelajaran fisika yang dapat dijelaskan konsepnya melalui kegiatan praktikum adalah pada pokok pembahasan Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB). Konsep tersebut merupakan pendekatan pembelajaran yang memperkenalkan masalah nyata sebagai sarana melatih berpikir kritis dan melatih keterampilan peserta didik untuk memecahkan masalah yang dihadapi. Praktikum Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) yang umum diadakan di sekolah yaitu dengan menggunakan set alat pesawat Atwood.

Pesawat Atwood adalah alat yang tersusun atas katrol dan tali yang terikat dengan dua buah benda bermassa  $m_1$  dan  $m_2$ . Tali sebagai penghubung dari katrol cukup ringan dan massanya dapat diabaikan. Jika massa beban  $m_1$  dan  $m_2$  sama ( $m_1 = m_2$ ) maka keduanya akan diam. Alat pesawat Atwood diciptakan oleh George Atwood dan mulai dikembangkan pada abad ke-18 untuk mengukur percepatan gravitasi yang bekerja berdasarkan prinsip hukum Newton [2]. Penggunaan alat ini biasanya masih berupa pengukuran waktu tempuh beban secara manual dengan menggunakan *stopwatch*. Seringkali percobaan gerak jatuh bebas yang dilakukan dengan alat yang tradisional menghasilkan data yang kurang akurat. Dengan demikian pada pengoperasian pesawat Atwood sederhana memiliki perbedaan persentase yang tinggi terhadap teori yang ada. Faktor kesalahan berupa ketidakakuratan alat tersebut akan menyebabkan kesalahan konsep di siswa yang menggunakan pesawat Atwood [3]. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat dirancang suatu sistem otomatisasi yang dapat digunakan dalam pengoperasian alat pesawat Atwood sehingga data yang diperoleh lebih akurat. Sistem otomatis yang dapat diterapkan adalah menggunakan sensor IR-LED (*Infra Red Light Emitting Diode*) dan menggunakan perangkat lunak pengolahan citra *TRACKER*.

Sensor inframerah (IR) terdiri dari pemancar inframerah dan penerima cahaya inframerah foto transistor. Komponen ini dapat mengonversi energi cahaya inframerah menjadi pulsa-pulsa sinyal listrik. Pemancar pada sistem ini terdiri atas sebuah *Light Emitting Diode* (LED) inframerah yang dilengkapi dengan rangkaian yang mampu membangkitkan data untuk dikirimkan melalui sinar inframerah, sedangkan pada bagian penerima biasanya terdapat foto transistor, foto diode, atau modul inframerah yang berfungsi untuk menerima sinar inframerah yang dikirimkan oleh pemancar [1].

*TRACKER* merupakan perangkat lunak/*software* untuk menganalisis gerak benda melalui video, sehingga dapat dihasilkan parameter perubahan posisi, parameter kecepatan, percepatan, energi kinetik, energi potensial dan parameter lainnya yang dimiliki objek yang bergerak [4].

Belum adanya studi yang membandingkan akurasi penggunaan sensor IR-LED dan pengolahan citra *TRACKER* untuk menganalisis Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) pada Pesawat Atwood. Hal ini membuat penulis dirasa perlu untuk mengadakan studi tentang analisis gerak pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan pengolahan citra.

## 2. Metode

### 2.1. Alat dan Bahan

#### 2.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan peneliti dalam melaksanakan penelitian adalah yaitu pewaktu pencacah (*Timer Counter*) AT-01, 4 pasang gerbang cahaya/sensor IR-LED, tripod, perekam video (*Smart Phone*), dan *software* pengolah citra (*TRACKER*).

### 2.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian yaitu Atwood bertiang ganda (tinggi tiang: 150 cm, diameter katrol: 12 cm, bahan plexiglass), tali penggantung berbahan nilon, dua buah beban berbentuk silinder  $M_1$  dan  $M_2$  yang massanya sama (100 gram), beban tambahan bercelah berjumlah 5 buah (masing-masing memiliki massa 5 gram), beban tambahan bisa diletakkan di atas beban silinder (bahan aluminium), penghenti beban dengan lubang (diameter 3.4 cm, bahan baja), penghenti beban tanpa lubang (bahan baja), dan pemegang beban dengan pegas (pelepas beban).

### 2.2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian merupakan suatu atribut, nilai/sifat dari objek, individu/kegiatan yang mempunyai banyak variasi tertentu antara satu dan lainnya yang telah ditentukan oleh peneliti untuk dipelajari dan dicari informasinya serta ditarik kesimpulannya. Penelitian eksperimen memiliki 3 variabel yaitu variabel bebas (*independent*), variabel terikat (*dependent*) dan variabel kontrol. Variabel *independent* adalah perlakuan (*treatment*), variabel *dependent* merupakan karakteristik yang diukur setelah perlakuan, sedangkan variabel kontrol yaitu karakteristik kelompok subjek yang tidak diberi perlakuan tetapi turut diukur atau diambil datanya sebelum maupun sesudah eksperimen [5].

Berikut adalah 3 variabel yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini:

Variabel bebas : jarak

Variabel terikat : waktu dan kecepatan

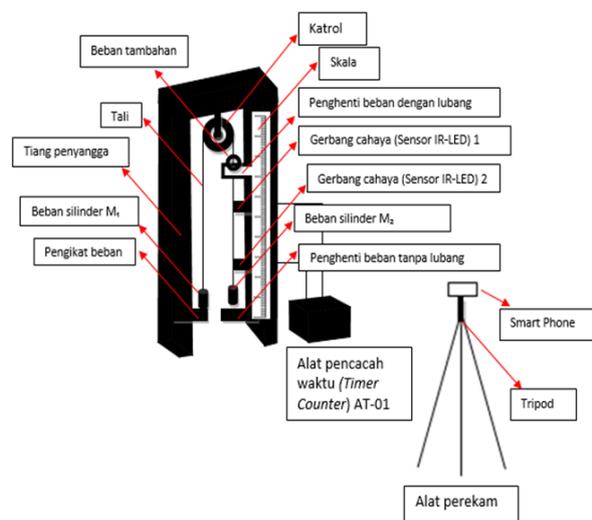
Variabel kontrol: massa

### 2.3. Desain Eksperimen

Desain eksperimen pada penelitian ini berupa desain alat pesawat Atwood yang terdiri dari desain alat untuk menganalisis Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB).

#### 2.3.1 Desain Alat Pesawat Atwood untuk Menganalisis Gerak Lurus Beraturan (GLB)

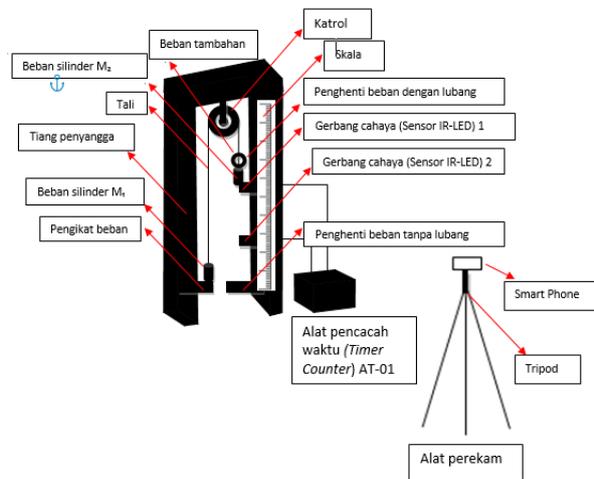
Desain alat eksperimen yang digunakan dalam analisis Gerak Lurus Beraturan (GLB) sama dengan desain alat praktikum pesawat Atwood PMK 135 dari Pudak Scientific dengan ditambahkan alat perekam. Penambahan alat perekam bertujuan untuk mengambil rekaman video pada saat praktikum untuk bahan analisis di *software TRACKER*. Dimana alat peraga pesawat Atwood tersebut disajikan dalam Gambar 1.



**Gambar 1.** Desain alat pesawat Atwood untuk menganalisis GLB

### 2.3.2 Desain Alat Pesawat Atwood Untuk Menganalisis Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Desain alat pesawat Atwood untuk analisis Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) disajikan seperti Gambar 2.



**Gambar 2.** Desain alat pesawat Atwood untuk menganalisis GLBB

## 2.4. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian pada penelitian ini dibedakan menjadi 2, disesuaikan dengan desain alat yang sudah di rencanakan. Dimana terdapat prosedur penelitian untuk desain alat pesawat Atwood untuk menganalisis Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan prosedur penelitian desain alat pesawat Atwood untuk menganalisis Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB). Setiap prosedur penelitian dari 2 desain alat tersebut masing-masing terdiri dari persiapan dan langkah-langkah penelitian.

### 2.4.1 Prosedur Penelitian

#### 2.4.1.1 Prosedur Penelitian Analisis Gerak Lurus Beraturan (GLB)

- Persiapan penelitian
  - a. Pertama-tama menggantungkan beban silinder pada ujung-ujung tali kemudian lewatkan tali pada katrol
  - b. Selanjutnya memastikan bahwa tali terletak pada bagian tengah pengarah beban.
  - c. Setelah itu memutar sekrup hingga tali beban berada tepat di tengah masing-masing pengarah beban
  - d. Memasang pemegang beban pada sisi kiri bawah tiang
  - e. Memasang penghenti beban berlubang, gerbang cahaya 1, gerbang cahaya 2, dan penghenti beban tanpa lubang berurutan dari atas ke bawah pada tiang sebelah kanan
  - f. Terakhir, tahan beban  $M_1$  pada pemegang beban
- Langkah-langkah penelitian
  - a. Langkah awal mengatur fungsi Pewaktu Pencacah pada *TIMING II* dengan cara menekan tombol *FUNCTION* sampai lampu indikator merah berada pada *TIMING II*.
  - b. Selanjutnya mengatur agar  $M_2$  berada pada skala 20 cm dengan mengatur tinggi pemegang beban.
  - c. Mengatur jarak objek-objek berikut
    - Penghenti beban berada pada skala 30 cm (10 cm dari  $M_2$ )
    - Gerbang cahaya 1 pada skala 80 cm
    - Gerbang cahaya 2 pada skala 100 cm
  - d. Langkah berikutnya menambahkan 5 beban tambahan bercehah (m) pada  $M_2$

- e. Setelah itu melepaskan  $M_1$  dengan menekan pegas sehingga  $M_1$  akan bergerak ke atas, sedangkan  $M_2$  akan bergerak ke bawah dan berhenti saat menyentuh penghenti beban tanpa lubang.
- f. Dengan fungsi *TIMING II* akan diperoleh 1 data waktu. Catat nilai waktu yang ditampilkan di layar Pewaktu Pencacah.
- g. Mengembalikan posisi  $M_1$  dan  $M_2$  seperti semula, dengan  $M_1$  pada pemegang beban, kemudian menekan tombol *FUNCTION* pada Pewaktu Pencacah untuk mengembalikan nilai waktu ke angka 0 (*reset to zero*)
- h. Mengubah posisi gerbang cahaya 2 dengan penambahan skala 5 cm
- i. Mengulangi langkah d – h sampai dengan jarak antara gerbang cahaya 1 dan 2 sebesar 50 cm

#### 2.4.1.2 Prosedur Penelitian Analisis Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

- Persiapan penelitian
  - a. Pertama-tama menggantung beban silinder pada ujung-ujung tali, kemudian melewatkan tali pada katrol
  - b. Selanjutnya memastikan bahwa tali terletak pada bagian tengah pengarah beban.
  - c. Memutar sekrup hingga beban berada tepat di tengah masing-masing pengarah beban
  - d. Lalu memasang pemegang beban pada tiang kiri bagian bawah
  - e. Menahan  $M_1$  pada pemegang beban sehingga  $M_2$  berada di bagian atas tiang kanan dan mengatur agar bagian bawah  $M_2$  tepat berada pada skala 20 cm (atau tepat pada garis skala yang ada sehingga memudahkan penghitungan jarak)
  - f. Memasang gerbang cahaya 1 tepat pada skala 40 cm
  - g. Terakhir memasang gerbang cahaya 2 di bawah gerbang cahaya 1 dan memasang pemegang beban tanpa lubang di bawah tiang kanan untuk menahan agar beban silinder  $M_2$  tidak menyentuh lantai
- Langkah-langkah penelitian
  - a. Langkah awal mengatur fungsi Pewaktu Pencacah pada *TIMING I* dengan cara menekan tombol *FUNCTION* sampai lampu indikator merah berada pada *TIMING I*.
  - b. Selanjutnya mengatur posisi gerbang cahaya 2 di skala 50 cm agar berjarak 10 cm dari gerbang cahaya 1
  - c. Menambahkan 5 buah beban bercelah ( $m = 25$  gram) pada beban silinder  $M_2$
  - d. Melepaskan  $M_1$  dengan menekan pegas sehingga  $M_1$  bergerak keatas, sedangkan  $M_2$  bergerak ke bawah
  - e. Mencatat nilai waktu  $t_1$ ,  $t_2$  dan  $t_3$  yang tampil pada layar Pewaktu Pencacah
  - f. Menahan kembali beban  $M_1$  menggunakan pemegang beban sehingga  $M_2$  berada di posisi semula, kemudian tekan tombol *FUNCTION* pada Pewaktu Pencacah untuk mengembalikan nilai waktu ke angka 0
  - g. Mengubah gerbang cahaya 2 dengan penambahan skala 5 cm
  - h. Mengulangi langkah d – g dengan penambahan jarak 5 cm dari posisi terakhir hingga jarak antara gerbang cahaya 1 dan 2 sebesar 50 cm

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan pengulangan sebanyak 10 kali pada setiap percobaan GLB maupun GLBB. Dengan hasil data sebagai berikut :

##### 3.1.1 Hasil Penelitian GLB Menggunakan sensor IR-LED

Hasil analisis data dan grafik interpretasi data GLB menggunakan sensor dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil analisis data GLB dari sensor IR-LED

No.	S (cm)	$t = \bar{t} \pm \Delta t$ (s)	$v = \bar{v} \pm \bar{s}_v$ (cm/s)
1.	20	$0.43 \pm 0.001$	$46.55 \pm 0.782$
2.	25	$0.529 \pm 0.002$	$47.24 \pm 0.651$
3.	30	$0.63 \pm 0.001$	$47.63 \pm 0.534$
4.	35	$0.72 \pm 0.001$	$48.61 \pm 0.467$
5.	40	$0.841 \pm 0.001$	$47.58 \pm 0.4$
6.	45	$0.993 \pm 0.002$	$45.32 \pm 0.343$
7.	50	$1.1 \pm 0.01$	$45.31 \pm 0.486$

### 3.1.2 Hasil Penelitian GLB Menggunakan Software TRACKER

Hasil analisis data dan grafik interpretasi data GLB menggunakan *software TRACKER* dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil analisis data GLB dari *software TRACKER*

No.	$s = \bar{s} \pm \Delta s$ (cm)	$t = \bar{t} \pm \Delta t$ (s)	$v = \bar{v} \pm \bar{s}_v$ (cm/s)
1.	$19.79 \pm 0.141$	$0.41 \pm 0.005$	$48.77 \pm 0.331$
2.	$24.68 \pm 0.151$	$0.506 \pm 0.005$	$48.8 \pm 0.283$
3.	$29.93 \pm 0.203$	$0.606 \pm 0.005$	$49.41 \pm 0.317$
4.	$35.03 \pm 0.171$	$0.742 \pm 0.008$	$47.18 \pm 0.219$
5.	$40.19 \pm 0.101$	$0.822 \pm 0.008$	$48.87 \pm 0.116$
6.	$44.97 \pm 0.149$	$0.941 \pm 0.006$	$47.77 \pm 0.15$
7.	$49.65 \pm 0.093$	$1.041 \pm 0.006$	$47.67 \pm 0.085$

### 3.1.3 Hasil Penelitian GLBB Menggunakan Sensor IR-LED

Hasil analisis data dan grafik interpretasi data GLB menggunakan sensor dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil analisis data GLBB dari sensor IR-LED

s (cm)	$t_1$ (s)	$t_2 = \bar{t}_2 \pm \Delta t_2$ (s)	$v_1$ (m/s)	$v_2 = \bar{v}_2 \pm \bar{s}_v$ (cm/s)	$\Delta v = v^2 - v_1$ (m/s)	$t_3(\Delta t, s)$	$a$ (m/s <sup>2</sup> )
10	0	$0.43 \pm 0.001$	0	$23.25 \pm 0.777$	$23.25 \pm 0.777$	$0.43 \pm 0.001$	54.07
15	0	$0.531 \pm 0.005$	0	$28.26 \pm 0.682$	$28.26 \pm 0.682$	$0.531 \pm 0.005$	53.22
20	0	$0.581 \pm 0.002$	0	$34.41 \pm 0.585$	$34.41 \pm 0.585$	$0.581 \pm 0.002$	59.23
25	0	$0.631 \pm 0.004$	0	$39.6 \pm 0.587$	$39.6 \pm 0.587$	$0.631 \pm 0.004$	62.76
30	0	$0.688 \pm 0.009$	0	$43.61 \pm 0.738$	$43.61 \pm 0.738$	$0.688 \pm 0.009$	63.39
35	0	$0.77 \pm 0.001$	0	$45.48 \pm 0.439$	$45.48 \pm 0.439$	$0.77 \pm 0.001$	59.06
40	0	$0.83 \pm 0.005$	0	$48.17 \pm 0.485$	$48.17 \pm 0.485$	$0.83 \pm 0.005$	58.04
45	0	$0.883 \pm 0.003$	0	$50.98 \pm 0.422$	$50.98 \pm 0.422$	$0.883 \pm 0.003$	57.73
50	0	$0.934 \pm 0.002$	0	$53.53 \pm 0.38$	$53.53 \pm 0.38$	$0.934 \pm 0.002$	57.31

3.1.4 Hasil Penelitian GLBB Menggunakan Software TRACKER

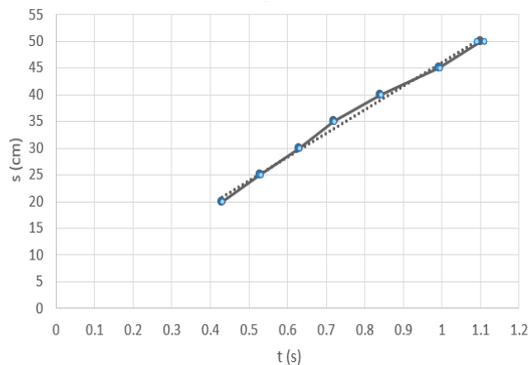
Hasil analisis data dan grafik interpretasi data GLB menggunakan software TRACKER dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis data GLBB dari software TRACKER

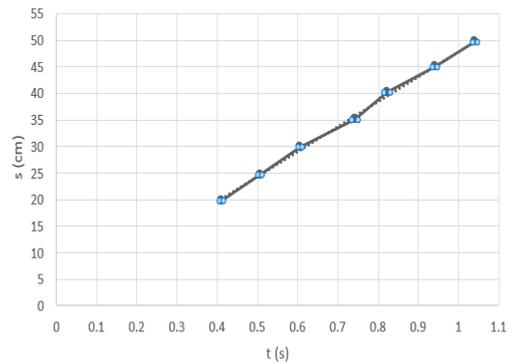
$s = \bar{s} \pm \Delta s$ (cm)	$t_1$ (s)	$t_2 = \bar{t}_2 \pm \Delta t_2$ (s)	$v_1$ (cm/s)	$v_2 = \bar{v}_2 \pm \bar{s}_v$ (cm/s)	$\Delta v = v_2 - v_1$ (cm/s)	$t_3(\Delta t, s)$	$a$ (cm/s <sup>2</sup> )
9.636 ± 0.06	0	0.39 ± 0.011	0	24.94 ± 0.148	24.94 ± 0.148	0.39 ± 0.011	63.95
14.76 ± 0.06	0	0.5 ± 0.007	0	29.58 ± 0.114	29.58 ± 0.114	0.5 ± 0.007	59.16
19.78 ± 0.052	0	0.56 ± 0.008	0	35.17 ± 0.089	35.17 ± 0.089	0.56 ± 0.008	62.8
24.83 ± 0.055	0	0.669 ± 0.006	0	37.14 ± 0.078	37.14 ± 0.078	0.669 ± 0.006	55.52
29.76 ± 0.044	0	0.74 ± 0.009	0	40.29 ± 0.057	40.29 ± 0.057	0.74 ± 0.009	54.45
34.75 ± 0.058	0	0.83 ± 0.017	0	42.05 ± 0.066	42.05 ± 0.066	0.83 ± 0.017	50.66
39.84 ± 0.045	0	0.91 ± 0.011	0	43.84 ± 0.047	43.84 ± 0.047	0.91 ± 0.011	48.18
44.75 ± 0.077	0	0.963 ± 0.004	0	46.31 ± 0.076	46.31 ± 0.076	0.963 ± 0.004	48.08
49.69 ± 0.07	0	0.989 ± 0.002	0	50.30 ± 0.068	50.3 ± 0.068	0.989 ± 0.002	50.86

3. 2. Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis Gerak Lurus Beraturan (GLB) menunjukkan terjadinya perbedaan nilai pengukuran terhadap rata-rata kecepatan, dimana rata-rata analisis kecepatan Gerak Lurus Beraturan (GLB) pesawat Atwood menggunakan sensor didapat rata-rata kecepatan 46,89 cm/s dengan nilai simpangan baku terbesarnya 0,782 dan nilai simpangan baku terkecilnya 0,353. Sedangkan kecepatan rata-rata kecepatan analisis Gerak Lurus Beraturan GLB menggunakan software TRACKER sebesar 48,35 cm/s dengan nilai simpangan baku terbesarnya 0,331 dan nilai simpangan baku terkecilnya 0,085. Dapat diamati bahwa terjadi perbedaan selisih rata-rata kecepatan sebesar 1,46 cm/s antara analisis kecepatan GLB menggunakan sensor dengan analisis kecepatan GLB menggunakan software TRACKER.



Gambar 3. Grafik GLB posisi s terhadap waktu t menggunakan sensor IR-LED

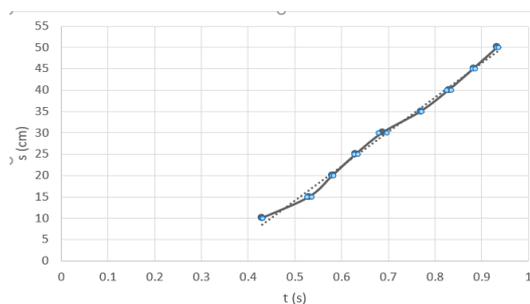


Gambar 4. Grafik GLB posisi s terhadap waktu t menggunakan software TRCKER

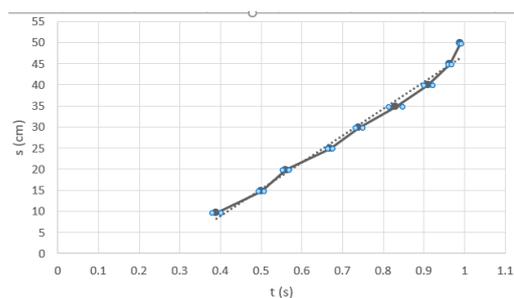
Dapat dilihat bahwa simpangan baku yang ditandai dengan titik-titik warna biru, pada gambar 3 lebih besar daripada gambar 4. Nilai-nilai posisi terhadap perubahan waktu dari kedua grafik di

atas yang tidak selalu linier, terjadi karena pengambilan data yang berulang dari masing-masing analisis yang menyebabkan perbedaan pada rata-rata nilai terukurnya.

Hasil analisis Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), dimana mengalami perbedaan nilai percepatan. Dimana hasil analisis rata-rata percepatan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) menggunakan sensor didapat  $59,42 \text{ cm/s}^2$  dengan nilai simpangan baku kecepatan terbesarnya  $0,777$  dan nilai simpangan baku kecepatan terkecilnya  $0,38$ . Sedangkan hasil analisis rata-rata percepatan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) menggunakan *software TRACKER* didapat  $54,85 \text{ cm/s}^2$  dengan nilai simpangan baku kecepatan terbesarnya  $0,148$  dan nilai simpangan baku kecepatan terkecilnya  $0,047$ . Selisih percepatan antara hasil analisis GLBB menggunakan sensor dan hasil analisis GLBB menggunakan *software TRACKER* adalah  $4.57 \text{ cm/s}^2$ . Dari gambar 5 dan 6 grafik GLBB hubungan antara posisi ( $s$ ) terhadap waktu ( $t$ ).

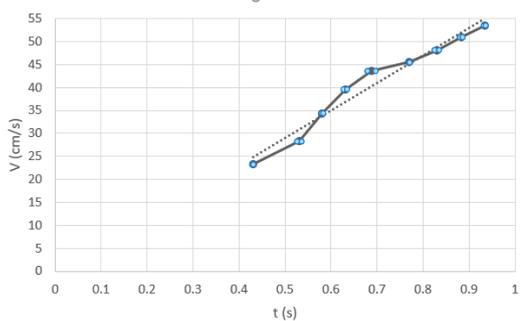


**Gambar 5.** Grafik GLBB posisi  $s$  terhadap waktu  $t$  menggunakan sensor IR-LED

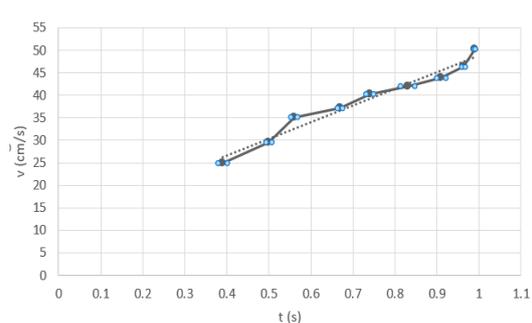


**Gambar 6.** Grafik GLBB posisi  $s$  terhadap waktu  $t$  menggunakan software TRACKER

Bisa diamati bahwa simpangan baku yang ditandai titik berwarna biru pada gambar 6 lebih besar daripada Gambar 5. Dari kedua gambar juga terlihat nilai-nilai perubahan posisi terhadap waktu yang tidak linier. Ini terjadi karena perbedaan rata-rata pengukuran pada setiap besaran yang terukur. Begitu juga dari hasil interpretasi data GLBB kecepatan terhadap waktu pada Gambar 7 dan 8.



**Gambar 7.** Grafik GLBB kecepatan  $v$  terhadap waktu  $t$  menggunakan sensor IR-LED



**Gambar 8.** Grafik GLBB kecepatan  $v$  terhadap waktu  $t$  menggunakan software TRACKER

Simpangan baku yang ditandai titik-titik berwarna biru pada Gambar 8 lebih besar daripada Gambar 7 selain itu dari masing-masing gambar juga terlihat nilai-nilai kecepatan terhadap waktu yang tidak linier. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan rata-rata pengukuran pada hasil besaran yang terukur pada masing-masing alat.

Berdasarkan selisih kecepatan, percepatan, adanya perbedaan nilai simpangan baku dan selisih dari ketelitian besaran terukur waktu  $t$  antara analisis GLB dan GLBB menggunakan sensor, dengan analisis GLB dan GLBB menggunakan *software TRACKER*, menandakan

terdapat perbedaan nilai pengukuran antar keduanya. Perbedaan nilai simpangan baku kecepatan terbesar dan nilai simpangan baku kecepatan terkecil antara keduanya, menandakan adanya perbedaan keakuratan pengukuran pada masing-masing besaran yang terukur. Begitu juga dengan perbedaan ketelitian besaran terukur waktu  $t$ , menunjukkan bahwa antara analisis menggunakan sensor dan analisis menggunakan *software TRACKER* didapat keakuratan pengukuran yang berbeda.

Ketidakpastian Mutlak (KM) adalah kesalahan terbesar yang mungkin timbul dalam pengukuran. Ketidakpastian mutlak sangat berkaitan dengan ketepatan pengukuran yaitu semakin kecil ketidakpastian mutlak, makin tepat pengukuran tersebut.  $\Delta x$  disebut ketidakpastian mutlak pada nilai hasil pengukuran dan dapat digambarkan pada kualitas alat ukur baik atau tidak yang digunakan. Artinya semakin kecil ketidakpastian mutlak pengukuran yang dihasilkan maka kualitas alat ukur semakin baik [6]. Hasil analisis data didapat nilai rata-rata KM waktu  $t$  GLB menggunakan sensor adalah 0,003. Untuk nilai rata-rata KM waktu  $t$  pada analisis GLB menggunakan *software TRACKER* 0,006. Sedangkan untuk analisis GLBB menggunakan sensor didapat nilai rata-rata KM waktu  $t$  0,004. Nilai rata-rata KM waktu  $t$  pada analisis GLBB menggunakan *software TRACKER* adalah 0,008. Dari hasil perbedaan nilai rata-rata Ketidakpastian Mutlak (KM) waktu  $t$  pada sensor dan *software TRACKER*. Dimana nilai rata-rata KM waktu  $t$  sensor lebih kecil daripada nilai rata-rata KM waktu  $t$  *software TRACKER* pada GLB dan GLBB, dapat disimpulkan bahwa kualitas alat ukur sensor lebih baik dibandingkan dengan *software TRACKER* yang digunakan untuk menganalisis GLB dan GLBB.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan analisis data dan pembahasan hasil penelitian, diketahui rata-rata kecepatan 46,89 cm/s untuk hasil analisis menggunakan sensor IR-LED dan 48,35 cm/s untuk rata-rata kecepatan analisis menggunakan *software TRACKER*. Rata-rata percepatan yang terukur adalah 59,42 cm/s<sup>2</sup> untuk analisis menggunakan sensor IR-LED dan 54,85 cm/s<sup>2</sup> untuk analisis menggunakan *software TRACKER*. Bisa disimpulkan, bahwa terdapat perbedaan keakuratan pengukuran penggunaan sensor IR-LED dan *software TRACKER* untuk menganalisis GLB dan GLBB pada pesawat Atwood.

Begitu juga dengan nilai rata-rata Ketidakpastian Mutlak (KM) waktu  $t$  pada analisis GLB dan GLBB menggunakan sensor berturut-turut adalah 0,003 dan 0,004. Sedangkan untuk nilai rata-rata Ketidakpastian Mutlak (KM) waktu  $t$  pada analisis GLB dan GLBB menggunakan *software TRACKER* berturut-turut adalah 0,006 dan 0,008. Dari rata-rata nilai Ketidakpastian Mutlak (KM) antara sensor dengan *software TRACKER*, dapat disimpulkan bahwa alat ukur sensor IR-LED lebih baik daripada *software TRACKER* digunakan pada analisis GLB dan GLBB.

Hal ini terjadi karena analisis GLB dan GLBB menggunakan *software TRACKER*, dipengaruhi oleh kemampuan serta peletakan posisi kamera yang berdampak pada kualitas video yang diambil. Selain itu analisis dilakukan di setiap *frame* pada segmen geraknya, sehingga memungkinkan terjadi lebih banyak *human error*. Sedangkan pada analisis GLB dan GLBB menggunakan sensor IR-LED bisa mendapatkan hasil besaran terukur secara langsung. Selain itu kemudahan penggunaan set alat pesawat Atwood dengan sensor IR-LED adalah tidak memerlukan perangkat perekaman video dan tambahan *software* analisis untuk mendapatkan nilai besaran terukurnya, sehingga dapat meminimalkan terjadinya *human error*.

#### Daftar Pustaka

- [1] Supriyatna L R 2021 Analisis Keakuratan Sensor Inframerah dan Stopwatch pada Praktik GLB dan GLBB *Jurnal Inovasi Penelitian* p 72
- [2] Santoso, Sunarno dan Akhlis I 2016 Integr. Lab J. 04 (01) 45
- [3] Ridho M R 2020 Analisis Korelasi Kecepatan dan Percepatan Saat Gerak Lurus Menggunakan Pesawat Atwood Berbasis Arduino dengan Sensor Logam *Seminar Nasional Fisika (SNF)*, Surabaya, p 57-61

- [4] Firman Nugraha 2017 Eksperimen Pesawat Atwood Berbasis Pengolahan Aplikasi Tracker Untuk Mengamati Fenomena Gerak Lurus Beraturan dan Gerak Lurus Berubah Beraturan Pada Pembelajaran Fisika Sma," *Seminar Nasional Fisika*, p. 19
- [5] F. Syahrial, "SCRIBD," Juni 16 2022. [Online].  
Available: <https://www.scribd.com/doc/310780821/Variabel-Penelitian-Eksperimen>.
- [6] Astalini, "fisdasI/pengukuran/analisis," 23 Januari 2020. [Online].  
Available: <http://fisika.fkip.unja.ac.id/fisdasI/pengukuran/analisis.htm>.