

**ANALISIS GERAK PESAWAT ATWOOD MENGGUNAKAN SENSOR  
IR-LED DAN PENGOLAHAN CITRA**

**SKRIPSI**



**oleh:**

**Ahmad Zaroni NPM 18330023**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA ILMU PENGETAHUAN  
ALAM DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG  
AGUSTUS 2022**

**ANALISIS GERAK PESAWAT ATWOOD MENGGUNAKAN SENSOR  
IR-LED DAN PENGOLAHAN CITRA**

Skripsi

Diajukan kepada Universitas PGRI Semarang  
untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan  
Program Sarjana Pendidikan Fisika



oleh:

**Ahmad Zaroni NPM 18330023**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA ILMU PENGETAHUAN  
ALAM DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS PGRI SEMARANG  
AGUSTUS 2022**

## **HALAMAN PERSETUJUAN**

Skripsi Berjudul

**ANALISIS GERAK PESAWAT ATWOOD MENGGUNAKAN SENSOR IR-  
LED DAN PENGOLAHAN CITRA**  
yang disusun oleh Ahmad Zaroni  
NPM 18330023

Telah disetujui dan siap untuk diujikan  
Semarang, 15 Agustus 2022

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Sigit Ristanto, M.Sc.  
NPP 108102232

Dr. Harto Nuroso, M.Pd  
NPP 936701097

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi Berjudul  
ANALISIS GERAK PESAWAT ATWOOD MENGGUNAKAN SENSOR IR-  
LED DAN PENGOLAHAN CITRA

Yang dipersiapkan dan disusun oleh (Ahmad Zaroni)  
NPM 18330023

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada hari Jum'at, tanggal 19 Agustus  
2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Pendidikan

### Panitia Ujian

Ketua

Sekretaris

Supandi, S.Si., M.Sc.  
NPP 097401245

Joko Saefan, S.Si., M.Sc.  
NPP 088101211

### Anggota Penguji

1. Dr. Sigit Ristanto, M.Sc.  
NPP 108102232 (.....)
2. Dr. Harto Nuroso, M.Pd.  
NPP 936701097 (.....)
3. Wawan Kurniawan, S.Si., M.Si.  
NPP 088101212 (.....)

## **PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan dan/atau karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 18 Agustus 2022

Ahmad Zaroni  
NPM 18330023

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO :

1. “Berpedomanlah pada harapan dan ketetapan hati. Berpedomanlah pada cita-cita, berpedomanlah pada impian dan angan-angan.”  
(*Ir. Soekarno*)
2. “Orang yang pesimis selalu melihat kesulitan di setiap kesempatan, tapi orang yang optimis selalu melihat kesempatan dalam setiap kesulitan”  
(*Ali bin Abi Thalib*)

### PERSEMBAHAN :

*Bismillahirrahmaanirrahim*, dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala*, skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tuaku, Bapak Rubadi dan Ibu Maryam yang tidak pernah berhenti mendoakan serta memberikan nasihat dan dukungan lahir batin untuk anaknya.
2. Kakakku Muhammad Afandi serta adek Aulia Putri Azzahra yang ikut serta memberikan dukungan dan menularkan semangatnya kepada saya hingga saya mampu menyelesaikan skripsi ini.
3. Keluarga besarku yang telah memberi dukungan dan doa kepada saya
4. Orang yang saya cintai yang telah dengan sabar dan tulus menemani perjalanan saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Teman-teman satu angkatan pendidikan fisika 2018 yang telah mensupport dan menemani perjalanan kuliah saya sampai akhir.
6. Kawan-kawan GmnI Komisariat UPGRIS yang telah memberikan banyak kenangan dan pelajaran yang berkesan selama saya menjadi mahasiswa.
7. Teman-teman BEM FPMIPATI periode 2019-2021 yang telah memberikan warna dalam kehidupan kampus saya.
8. Teman-teman HIMAFI periode 2018-2019 yang membantu menemukan jatidiri saya di awal-awal kehidupan kampus.
9. Teman-teman KKN dan magang 1-3 yang menularkan semangat dan kebahagiaannya kepada saya
10. Sahabat-sahabatku dikampung halaman yang baik hati dan tidak sombong

# ANALISIS GERAK PESAWAT ATWOOD MENGGUNAKAN SENSOR IR-LED DAN PENGOLAHAN CITRA

**Ahmad Zaroni**

Program Studi Pendidikan Fisika, FPMIPATI, Universitas PGRI Semarang

Email : [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 alat, menyimpulkan bahwa adanya 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*

# **ATWOOD AIRCRAFT MOTION ANALYSIS USING IR-LED SENSORS AND IMAGE PROCESSING**

**Ahmad Zaroni**

Physics Education Study Program, FPMIPATI, PGRI University Semarang

Email : [ahmadroni732@gmail.com](mailto:ahmadroni732@gmail.com)

## **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



## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, taufik, hidayah serta karunia-Nya penulis dapat menyusun skripsi dengan judul “ANALISIS GERAK PESAWAT ATWOOD MENGGUNAKAN SENSOR IR-LED DAN PENGOLAHAN CITRA” dengan baik dan lancar. Skripsi ini penulis susun sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika, Ilmu Pengetahuan Alam, dan Teknologi Informasi Universitas PGRI Semarang. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dorongan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan banyak terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Sri Suciati M.Hum., selaku Rektor Universitas PGRI Semarang yang telah memberikan kesempatan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Universitas PGRI Semarang.
2. Supandi S.Si, M.Si., selaku Dekan FPMIPATI yang telah memberikan izin kepada peneliti untuk melakukan penelitian dalam rangka penyusunan skripsi.
3. Joko Saefan, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Fisika Universitas PGRI Semarang yang telah memberikan segala kebijakan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Dr. Sigit Ristanto, S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan dukungan kepada penulis dengan telaten.
5. Dr. Harto Nuroso, M.Pd selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan.
6. Penguji yang telah meluangkan waktunya untuk menguji penulis dalam sidang skripsi dari awal hingga ahir ujian.

7. Bapak dan Ibu Dosen Pendidikan Fisika Universitas PGRI Semarang yang telah mendidik dan membimbing penulis sehingga dapat menyelesaikan studi S1 di program studi pendidikan Fisika.
8. Semua pihak yang membantu dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga dukungan, didikan serta bimbingan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan kebaikan yang lebih banyak dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis memohon kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak yang diharapkan mampu menyempurnakan penyusunan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Wassalamualaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Semarang, 18 Agustus 2022

Penulis,

Ahmad Zaroni

NPM 18330023

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Definisi Istilah .....	4
BAB II TELAAH PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR .....	6
A. Landasan Teori .....	6
B. Kerangka Berpikir .....	11
C. Hipotesis .....	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
A. Lokasi dan Waktu.....	14
B. Alat dan Bahan yang Digunakan .....	14
C. Variabel Penelitian .....	15
D. Desain Eksperimen.....	16
E. Prosedur Penelitian.....	17
F. Analisis dan Interpretasi Data .....	20
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	24
A. Hasil Penelitian.....	24
B. Pembahasan .....	27
BAB V.....	35
KESIMPULAN DAN SARAN.....	35

A. Kesimpulan.....	35
B. Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA .....	37
LAMPIRAN.....	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Kerangka berpikir.....	12
Gambar 3. 1. Desain alat pesawat Atwood untuk menganalisis GLB .....	16
Gambar 3. 2. Desain alat pesawat Atwood untuk menganalisis GLBB.....	17
Gambar 3. 3. Tabel hasil eksperimen GLB.....	21
Gambar 3. 4. Tabel hasil eksperimen GLBB .....	22
Gambar 4. 1. Grafik GLB posisi $s$ terhadap waktu $t$ menggunakan sensor IR-LED .....	28
Gambar 4. 2 Grafik GLB posisi $s$ terhadap waktu $t$ menggunakan <i>software TRACKER</i> .....	28
Gambar 4. 3. Grafik GLBB posisi $s$ terhadap waktu $t$ menggunakan sensor IR-LED .....	29
Gambar 4. 4. Grafik GLBB posisi $s$ terhadap waktu $t$ menggunakan <i>software TRACKER</i> .....	29
Gambar 4. 5. Grafik GLBB kecepatan $v$ terhadap waktu $t$ menggunakan sensor IR-LED .....	29
Gambar 4. 6. Grafik GLBB kecepatan $v$ terhadap waktu $t$ menggunakan <i>software TRACKER</i> .....	29

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Hasil analisis data GLB dari sensor IR-LED .....	24
Tabel 4. 2. Hasil analisis data GLB dari <i>software TRACKER</i> .....	24
Tabel 4. 3. Hasil analisis data GLBB dari sensor IR-LED .....	25
Tabel 4. 4. Tabel hasil analisis data GLBB dari <i>software TRACKER</i> .....	26
Tabel 4. 5. Hasil uji <i>T test Independent</i> GLB untuk waktu terukur pada sensor dan <i>TRACKERER</i> .....	32
Tabel 4. 6. Hasil uji <i>T test Independent</i> GLB untuk kecepatan pada sensor dan <i>TRACKER</i> .....	32
Tabel 4. 7. Hasil uji <i>T test Independent</i> GLBB untuk waktu terukur pada sensor dan <i>TRACKER</i> .....	33
Tabel 4. 8. Hasil uji <i>T test Independent</i> GLBB untuk percepatan pada sensor dan <i>TRACKER</i> .....	33

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil data GLB Sensor .....	40
Lampiran 2. Hasil data GLB <i>TRACKER</i> .....	43
Lampiran 3. Hasil data GLBB Sensor.....	46
Lampiran 4. Hasil data GLBB <i>TRACKER</i> .....	49
Lampiran 5. Hasil ralat pengamatan waktu t (s) GLB sensor .....	52
Lampiran 6. Hasil ralat pengamatan GLB waktu t (s) <i>TRACKER</i> .....	55
Lampiran 7. Hasil ralat pengamatan posisi s (m) GLB <i>TRACKER</i> .....	58
Lampiran 8. Hasil ralat perambatan GLB sensor .....	61
Lampiran 9. Hasil ralat perambatan GLB <i>TRACKER</i> .....	64
Lampiran 10. Hasil ralat pengamatan waktu t (s) GLBB sensor .....	68
Lampiran 11. Hasil ralat pengamatan waktu t GLBB <i>TRACKER</i> .....	71
Lampiran 12. Hasil ralat pengamatan posisi GLBB <i>TRACKER</i> .....	74
Lampiran 13. Hasil ralat perambatan GLBB sensor .....	77
Lampiran 14. Hasil ralat perambatan GLBB <i>TRACKER</i> .....	81
Lampiran 15. Hasil uji <i>T Test Independent</i> GLB .....	85
Lampiran 16. Hasil uji <i>T Test Independent</i> GLBB .....	102
Lampiran 17. Dokumentasi kegiatan penelitian.....	120
Lampiran 18. Persetujuan usulan penelitian .....	122
Lampiran 19. Lembar bimbingan skripsi dosen pembimbing 1 .....	123
Lampiran 20. Lembar bimbingan skripsi dosen pembimbing 2.....	124

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

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 di praktikumkan (Supriyatna, 2021).

Salah satu materi dalam mata pelajaran fisika yang dapat di jelaskan 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 ( $m_1$  dan  $m_2$ ) 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. 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 (M R Ridho, 2020).

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 mengkonversi 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 infra merah module yang berfungsi untuk menerima sinar inframerah yang dikirimkan oleh pemancar (Supriyatna, 2021).

*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. (Firman Nugraha, 2017)

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. Membuat penulis dirasa perlu untuk mengadakan studi tentang

analisis gerak pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan pengolahan citra.

#### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka dapat di rumuskan masalah penelitian sebagai berikut:

1. Sejauh mana perbedaan akurasi sensor IR-LED dan pengolahan citra *TRACKER* yang digunakan dalam analisis gerak pesawat Atwood?
2. Bagaimanakah hasil analisis gerak pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan pengolahan citra *TRACKER*?

#### **C. Tujuan Penelitian**

Berdasarkan dengan latar belakang dan rumusan masalah yang telah penulis kemukakan, sehingga tujuan apa yang hendak dilakukan dan dicapai oleh penulis dalam penelitian ini, tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Membuat analisis gerak pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan pengolahan citra *TRACKER*
2. Mengetahui hasil analisis gerak pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan pengolahan citra *TRACKER* untuk digunakan dalam praktikum

#### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat dalam dua aspek, yaitu sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis
  - a. Dapat bermanfaat memberikan pemikiran terhadap ilmu pengetahuan dalam media pembelajaran praktikum fisika menggunakan sensor IR-LED dengan menggunakan perangkat lunak pengolahan citra *TRACKER*.
  - b. Dapat memberikan hasil analisis gerak pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan pengolahan citra *TRACKER* untuk digunakan dalam praktikum

## 2. Manfaat Praktisi

### a. Bagi Penulis

Diharapkan penulis dapat memperoleh pengalaman serta mampu memberikan pembelajaran yang berkualitas sehingga mudah diterima oleh praktikan.

### b. Bagi Laboratorium Pendidikan Fisika Universitas PGRI Semarang

Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi acuan untuk meningkatkan kualitas praktikum di laboratorium pendidikan Fisika, dengan memanfaatkan hasil analisis gerak pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan pengolahan citra *TRACKER*.

### c. Bagi Praktikan

Diharapkan hasil dari penelitian ini praktikan dapat meningkatkan motivasi dan minat dalam praktikum sehingga dapat membantu menguasai materi fisika dengan mudah.

## E. Definisi Istilah

Berdasarkan latar belakang, permasalahan, tujuan dan manfaat penelitian, maka uraian definisi istilah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

### 1. Analisis

Analisis merupakan penyelidikan terhadap suatu peristiwa untuk mengetahui keadaan yang sebenarnya.

### 2. Pesawat Atwood

Pesawat Atwood adalah alat yang digunakan untuk menjelaskan hubungan antara gerak, tegangan, energi potensial dan energi kinetik dengan menggunakan 2 (dua) pemberat (massa berbeda) yang dihubungkan oleh sebuah tali pada sebuah katrol.

### 3. Sensor

Sensor adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah sinyal fisik/kimia menjadi elektronik.

### 4. IR-LED

*Infra Red – Light Emitting Diode (IR-LED)* merupakan *Light Emitting Diode (LED)* yang dapat memancarkan cahaya inframerah.

5. Citra

Citra merupakan fungsi dari intensitas cahaya yang dipresentasikan dalam bidang dua dimensi.

6. *TRACKER*

*TRACKER* merupakan perangkat lunak/*software* untuk menganalisis gerak suatu benda melalui video.

## BAB II

### TELAAH PUSTAKA DAN KERANGKA BERPIKIR

#### A. Landasan Teori

##### 1. Pesawat Atwood

Pesawat Atwood merupakan salah satu alat eksperimen yang bisa digunakan untuk mengamati hukum mekanika pada gerak yang dipercepat secara beraturan dengan bantuan hukum Newton. Sederhananya pesawat Atwood tersusun dari dua benda yang terhubung dengan seutas tali yang diletakkan pada sebuah katrol. Berikut penjelasan mengenai hukum Newton yang bisa digunakan untuk mengamati gerak yang terjadi pada pesawat Atwood :

- Hukum Newton I : Jika suatu sistem mendapat gaya luar sistem akan tetap dalam keadaannya semula, atau bergerak berubah beraturan dengan kecepatan konstan ( $\Sigma F=0$ ).
- Hukum Newton II : Percepatan dari sistem sebanding dengan gaya yang bekerja pada sistem itu ( $F= m.a$  ). Hukum Newton II memberikan kesimpulan sebagai berikut:
  - a. Arah percepatan benda sama dengan arah gaya yang bekerja pada benda tersebut.
  - b. Besarnya percepatan yang dialami benda sebanding dengan gaya yang bekerja pada benda. Jadi bila gaya yang bekerja pada benda konstan, maka percepatan yang timbul juga konstan.
  - c. Untuk a yang tetap maka berlaku persamaan gerak :

$$V_t = V_0 + a.t \quad 2.1$$

$$S_t = S_0 + \frac{1}{2} a.t^2 \quad 2.2$$

Untuk sebuah katrol dengan beban-beban akan berlaku

$$a = \frac{m.g}{2M + m + \frac{I}{r^2}} \quad 2.3$$

Dimana :

Disini dianggap  $M_1=M_2= M$

$r$  : jari-jari katrol

$I$  : momen inersia katrol

Udara akan memberikan hambatan udara atau gesekan udara terhadap benda yang jatuh. Besarnya gaya gesek udara pada benda yang mengalami gerak jatuh bebas berbanding lurus dengan luas permukaan benda. Makin besar luas permukaan benda, makin besar gaya gesek udara yang bekerja pada benda tersebut. Gaya ini tentu saja akan memperlambat gerak jatuh benda. Untuk lebih memahami secara kualitatif tentang hambatan udara pada gerak jatuh, kita dapat mengamati gerak yang terjadi pada penerjun payung.

Penerjun mula-mula terjun dari pesawat tanpa membuka parasutnya. Gaya hambatan udara yang bekerja pada penerjun tidak begitu besar, dan jika parasutnya terus tidak dibuka, penerjun akan mencapai kecepatan akhir kira-kira 50 m/s ketika sampai di tanah. Kecepatan itu kira-kira sama dengan kecepatan mobil balap yang melaju cepat. Sebagai akibatnya, penerjun akan tewas ketika sampai di tanah. Dengan mengembangkan parasutnya, luas permukaan menjadi cukup besar, sehingga gaya hambat udara yang bekerja pada penerjun cukup besar untuk memperlambat kelajuan penerjun.

Berdasarkan hasil demonstrasi ini dapatlah ditarik kesimpulan sementara bahwa jika hambatan udara dapat diabaikan maka setiap benda yang jatuh akan mendapatkan percepatan tetap yang sama tanpa bergantung pada bentuk dan massa benda. Percepatan yang tetap ini disebabkan oleh medan gravitasi bumi yang disebut percepatan gravitasi ( $g$ ). Di bumi percepatan gravitasi ( $g$ ) bernilai kira-kira  $9,80 \text{ m/s}^2$ . Untuk mempermudah dalam pembacaan pada soal sering dibulatkan menjadi  $10 \text{ m/s}^2$ .

Untuk membuktikan pernyataan diatas bahwa jika hambatan udara dihilangkan, setiap benda jatuh akan mendapat percepatan tetap yang

sama tanpa bergantung pada bentuk dan massa benda, di dalam laboratorium biasanya dilakukan percobaan menjatuhkan dua benda yang massa dan bentuknya sangat berbeda di dalam ruang vakum. Sehubungan dengan hal diatas, Gerak Jatuh Bebas (GJB) adalah gerak suatu benda yang dijatuhkan dari suatu ketinggian tanpa kecepatan awal dan selama geraknya mengalami percepatan tetap yaitu percepatan gravitasi, sehingga Gerak Jatuh Bebas (GJB) termasuk dalam Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB). Perhatikan karena dalam Gerak Jatuh Bebas (GJB), benda selalu bergerak ke bawah maka untuk mempermudah perhitungan, kita tetapkan arah ke bawah sebagai arah positif.

Jika pada sistem pesawat dilepaskan penjepitnya, maka sistem akan bergerak dengan percepatan tetap. Besarnya percepatan  $a$  berbanding lurus dengan gayanya. Untuk gaya yang konstan, maka percepatan tetap sehingga berlaku persamaan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) :  $x = \frac{1}{2} at^2$  (Suryo, 2012).

## 2. Sensor IR-LED

Inframerah/*Infrared* (IR) adalah spektrum gelombang sinar elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang lebih dari pada cahaya tampak tetapi lebih pendek dari gelombang radio yaitu di antara 700 nm dan 1 mm. Sensor inframerah terdiri dari pemancar inframerah dan penerima cahaya inframerah (foto transistor). Komponen ini dapat mengkonversi energi cahaya inframerah menjadi pulsa-pulsa sinyal listrik. Pemancar pada sistem ini terdiri atas sebuah *Light Emitting Diode* (LED) inframerah yang merupakan salah satu jenis dioda apabila diberi tegangan maju maka arus majunya akan membangkitkan cahaya pada pertemuan PN-nya.

LED inframerah berfungsi memancarkan cahaya inframerah dan dipantulkan kembali ke sensor melalui lensa fokus, sedangkan *photodiode* mendeteksi intensitas energi yang dipantulkan oleh permukaan objek dari pancaran LED inframerah. Lenja fokus berguna untuk mengarahkan cahaya yang dipantulkan ke *photodiode*. Sedangkan *photodiode*

beroperasi menggunakan prinsip efek foto listrik, dimana energi cahaya diubah menjadi energi listrik. Keluaran hasil dari sensor tergantung dari energi yang terdeteksi oleh *photodiode* yang nilainya berupa tegangan yang berbanding terbalik dengan pendeteksi jarak.

Sensor inframerah dapat mendeteksi jarak untuk rentang 15 - 150 cm dengan sensor diposisikan  $90^\circ$  menghadap permukaan sebuah objek. Ketika sebuah objek dan sensor didekatkan dengan jarak antara 0 cm sampai 15 cm, cahaya dari LED inframerah akan dipantulkan dari objek ke detektor. Dalam kondisi ini hasil tegangan keluaran memiliki fungsi alih yang besar. Sedangkan pada kondisi lain, tegangan keluaran berbanding terbalik dan tidak linier pada jarak mulai dari 15 sampai 150 cm karena penurunan energi cahaya yang terdeteksi oleh detektor (Riky Tri Yunardi, 2017).

### 3. Citra Digital

Citra digital adalah citra yang dibentuk dari sinyal digital yang bersifat diskrit. Citra digital merupakan representasi dari fungsi intensitas cahaya dalam bentuk diskrit pada bidang dua dimensi. Citra tersusun oleh sekumpulan piksel (*picture element*). Sebuah piksel memiliki koordinat  $(x,y)$  dan amplitudo  $f(x,y)$ . Koordinat  $(x,y)$  menunjukkan letak/posisi piksel dalam suatu citra, sedangkan amplitudo  $f(x,y)$  menunjukkan nilai intensitas warna citra. Citra digital memiliki informasi warna yang berasal dari intensitas cahaya yang diterima oleh *grid* sensor cahaya didalam kamera. Hasil tangkapan kamera adalah citra digital dalam format warna RGB (*Red, Green, Blue*).

Setiap piksel pada citra RGB, memiliki intensitas warna yang merupakan kombinasi dari tiga nilai intensitas pada kanal R, G, dan B. Sehingga setiap piksel mempunyai komponen intensitas  $I_R$ ,  $I_G$ ,  $I_B$ . Masing-masing intensitas disusun dalam *regular grid* atau *array 2* dimensi. Banyaknya kombinasi warna piksel yang mungkin pada citra RGB *truecolor* 24-bit adalah sebanyak  $256 \times 256 \times 256 = 16.777.216$ .



Untuk mendapatkan citra dari suatu objek maka harus dilakukan proses akuisisi citra.

Akuisisi citra merupakan proses menangkap (*capture*) atau memindai (*scan*) suatu citra analog sehingga memperoleh citra digital. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam proses akuisisi citra antara lain adalah: jenis alat akuisisi, resolusi kamera, teknik pencahayaan, perbesaran atau *zoom*, jarak, dan sudut pengambilan citra. Contoh peralatan akuisisi citra diantaranya adalah kamera digital, *smartphone*, USB *webcam*, *scanner*, mikroskop digital, Ultrasonografi (USG) (Ummy Gusti Salamah, 2021).

#### 4. Software *TRACKER*

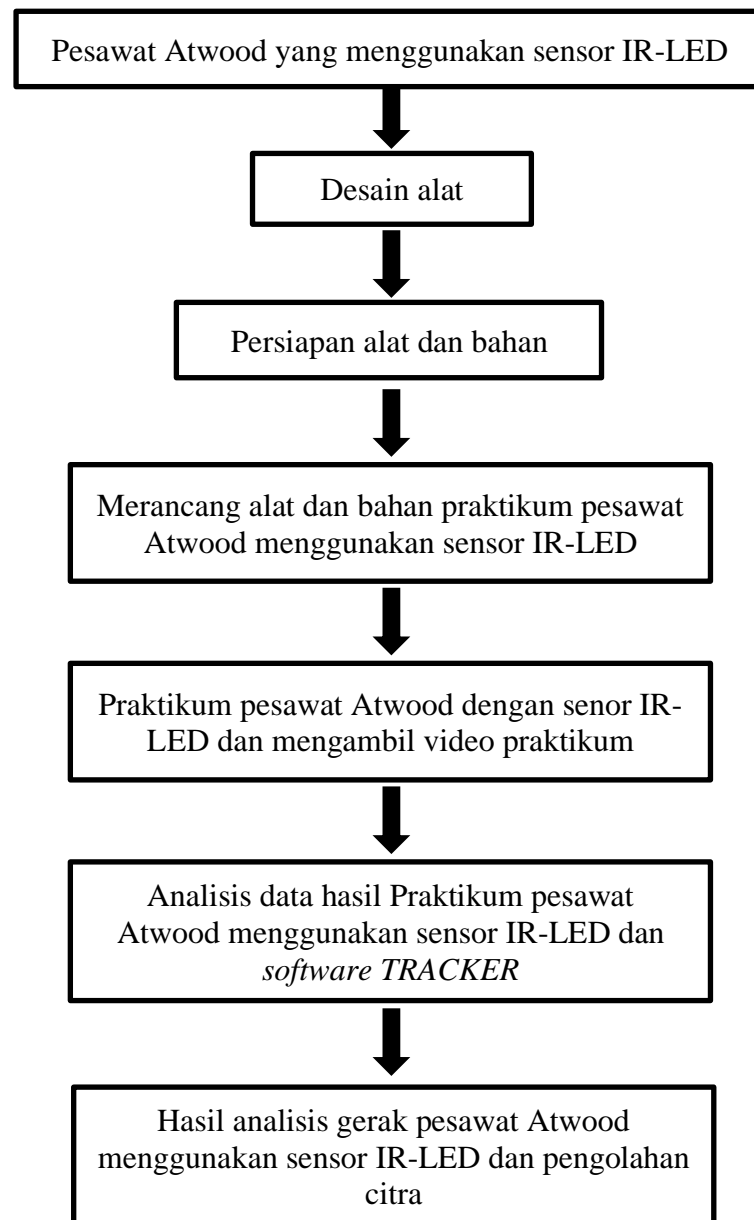
*TRACKER* merupakan suatu *software* analisis video dan suatu alat pemodelan yang dibangun pada *Java Open Source Physics* (OSP), *software TRACKER* dapat diakses dan di unduh dengan gratis di internet. *Software TRACKER* di dukung oleh sumber daya digital yang menyediakan suatu hubungan ke tutorial dan video yang siap untuk dianalisis.

Pada *software TRACKER* ini pengguna dapat menganalisis gerak benda yang terdapat dalam sebuah video, dengan cara membuat jejak mengikuti gerak benda yang ada dalam video. Kekuatan dari *software TRACKER* terletak pada kenyataan bahwa seseorang dapat memvisualisasikan sebuah konsep dalam waktu real. Adanya analisis video dan tool pemodelan, pengguna bisa menyelidiki bagaimana pusat massa berubah posisi, kecepatan dan percepatan terhadap waktu.

Beberapa parameter dalam kinematika seperti percepatan, kecepatan dan posisi dapat diteliti dari *software TRACKER*. Jika dibandingkan dengan metode klasik dengan mengaplikasikan *ticker timer*, analisis dengan menggunakan *software TRACKER* bisa digunakan untuk semua parameter pada kinematika. Ketepatan data pada tracker merupakan ketepatan yang akurat (Wibowo, 2022).

## **B. Kerangka Berpikir**

Peneliti melakukan analisis mengenai gerak pada alat praktikum pesawat Atwood dengan menggunakan sensor IR-LED dan pengolahan citra menggunakan *software TRACKER*. Sistem pengukuran otomatis pada pesawat Atwood tentu sangat diperlukan untuk meningkatkan keakuratan pengukuran. Sistem yang dapat diterapkan diantaranya menggunakan sensor IR-LED (*Infra Red Light Emitting Diode*) dan menggunakan perangkat lunak pengolahan citra *TRACKER*. Dikarenakan belum adanya studi yang membandingkan akurasi pengukuran menggunakan sensor IR-LED dan pengolahan citra *TRACKER* untuk menganalisis Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) pada pesawat Atwood. Sehingga peneliti dirasa perlu mengadakan studi mengenai analisis gerak pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan pengolahan citra. Adapun kerangka berpikir dari analisis gerak pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan pengolahan citra ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. Kerangka berpikir

### C. Hipotesis

Hipotesis merupakan suatu pernyataan sementara dari suatu masalah yang masih lemah atau masih kurang kebenarannya sehingga masih perlu diuji atau dibuktikan (Gangga Anuraga, 2021). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hasil analisis keakuratan pengukuran pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan *software* pengolahan citra *TRACKER*. Berikut rumusan hipotesis dari penelitian ini :

$H_0$  : Tidak ada perbedaan keakuratan antara hasil analisis pengukuran pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan *software* pengolahan citra *TRACKER*.

$H_1$  : Ada perbedaan keakuratan antara hasil analisis pengukuran pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan *software* pengolahan citra *TRACKER*.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Lokasi dan Waktu**

##### 1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah tempat dimana peneliti melaksanakan penelitian. Lokasi penelitian berada di Gedung Utama lantai 2 Laboratorium Fisika Dasar Pendidikan Fisika Universitas PGRI Semarang. Peneliti memilih lokasi tersebut karena Laboratorium Fisika Dasar Universitas PGRI Semarang memiliki kelengkapan fasilitas yang memadai untuk mendukung peneliti dalam melakukan penelitian. Kelengkapan alat peraga pesawat Atwood juga sudah diperbarui dimana sekarang sudah dilengkapi dengan sensor IR-LED. Sehingga sangat mendukung peneliti untuk melaksanakan penelitian mengenai Analisis Gerak Pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan Pengolahan Citra.

##### 2. Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dalam jangka waktu 3 minggu mulai dari tanggal 21 Juni 2022 sampai dengan 9 Juli 2022.

#### **B. Alat dan Bahan yang Digunakan**

##### 1. Alat

Peralatan yang digunakan peneliti dalam melaksanakan penelitian adalah :

- a. Pewaktu pencacah (*Timer Counter*) AT-01
- b. 4 pasang gerbang cahaya / sensor IR-LED
- c. Tripod
- d. Perekam video (*Smart Phone*)
- e. *Software* pengolah citra (*TRACKER*)

##### 2. Bahan

Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah :

- a. Atwood bertiang ganda  
Tinggi tiang : 150 cm  
Katrol : diameter 12 cm ; bahan plexiglass
- b. Tali penggantung berbahan nilon
- c. Dua buah beban berbentuk silinder  $M_1$  dan  $M_2$  yang massanya sama (100 gram)
- d. Beban tambahan bercelah berjumlah 5 buah, masing-masing memiliki massa 5 gram. Beban tambahan bisa diletakkan di atas beban silinder. Bahan alumunium.
- e. Penghenti beban dengan lubang (diameter 3.4 cm), digunakan untuk menahan beban tambahan. Bahan baja.
- f. Penghenti beban tanpa lubang , digunakan untuk menahan beban silinder. Bahan baja.
- g. Pemegang beban dengan pegas (pelepas beban), digunakan untuk menahan dan melepas beban silinder.

### C. 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. (Syahrial, 2022)

Berikut adalah 3 variabel yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini:

1. Variabel bebas : jarak

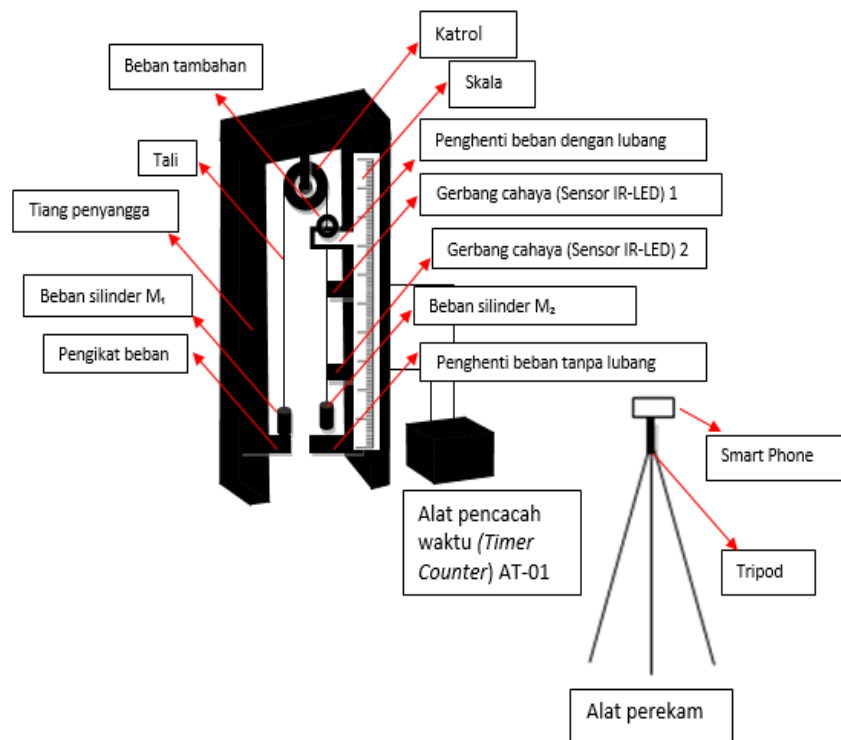
2. Variabel terikat : waktu dan kecepatan
3. Variabel kontrol : massa

#### D. 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).

##### 1. Desain alat pesawat Atwood untuk menganalisis Gerak Lurus Beraturan (GLB)

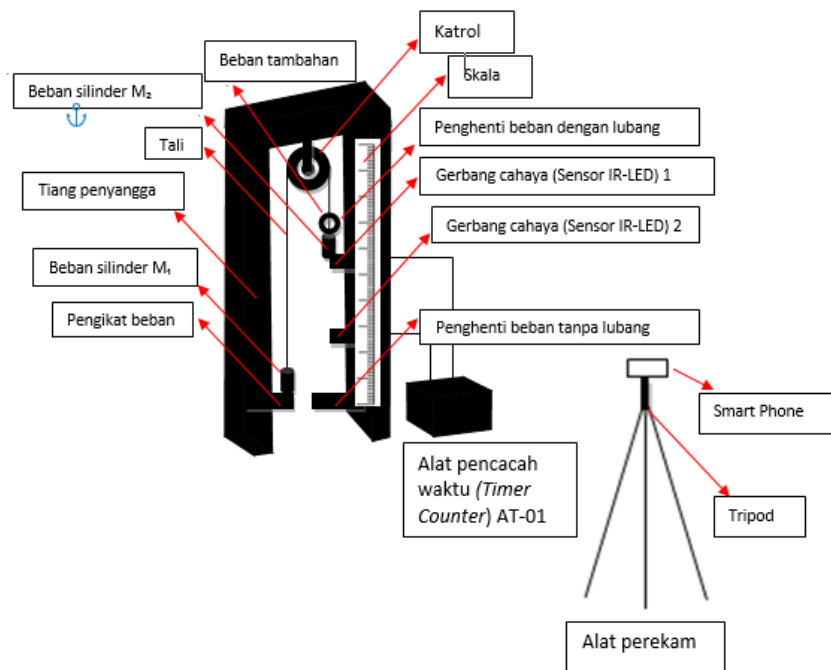
Desain alat eksperimen yang digunakan dalam analisis Gerak Lurus Beraturan (GLB) sama dengan desain alat praktikum pesawat Atwood PMK 135 dari Pudah *Scientific* dengan ditambahkan alat perekam. Penambahan alat perekam bertujuan untuk mengambil rekaman video pada saat praktikum untuk bahan analisis di *software TRACKER*. Dimana alat peraga pesawat Atwood tersebut disajikan dalam gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Desain alat pesawat Atwood untuk menganalisis GLB

## 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 3.2.



Gambar 3. 2. Desain alat pesawat Atwood untuk menganalisis GLBB

### E. 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 seperti berikut :

#### 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 penghentui 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 bercelah (m) pada  $M_2$
    - e. Setelah itu melepaskan  $M_1$  dengan menekan pegas sehingga  $M_1$  akan bergerak keatas, 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. Prosedur penelitian analisis Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

- Persiapan penelitian
  - a. Pertama-tama menggantungkan 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 dibawah 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 kebawah
- 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

## F. Analisis dan Interpretasi Data

### 1. Analisis data

Pada penelitian ini analisis data eksperimen dibedakan menjadi 2 yaitu analisis data Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB). Selain itu di gunakan tori ralat pengamatan untuk mengetahui besar eror dalam penelitian.

#### a. Analisis data Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Data waktu yang diperoleh dari percobaan merupakan waktu ( $t$ ). Perpindahan beban silinder dari gerbang cahaya 1 ke gerbang cahaya 2 merupakan jarak ( $s$ ). Sehingga kecepatan gerak beban silinder dapat ditentukan dengan persamaan :

$$v = \frac{s}{t} \quad 3.1$$

s (m)	t (s)	v (m/s)
0,2		
0,25		
0,3		

0,35		
0,4		
0,45		
05		

Gambar 3. 3. Tabel hasil eksperimen GLB

## b. Analisis data Gerak Lurus Berubah Beraturan

Data yang diperoleh dari percobaan dengan fungsi *TIMING* I adalah waktu tempuh saat  $M_2$  melewati gerbang cahaya 1 ( $t_1$ ) dan gerbang cahaya 2 ( $t_2$ ). Sehingga nilai  $V_1$  (kecepatan awal,  $V_0$ ) dan  $V_2$  (kecepatan akhir,  $V_1$ ) diperoleh dari :

$$V_1 = \frac{S}{t_1} \text{ dan } V_2 = \frac{S}{t_2} \quad 3.2$$

Data percobaan dengan fungsi *TIMING* I juga diperoleh  $t_3$ , yaitu waktu tempuh beban silinder dari gerbang cahaya 1 ke gerbang cahaya 2 ( $\Delta t$ ), maka nilai percepatan  $a$  dapat diperoleh dari :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{V_2 - V_1}{t_2 - t_1} \quad 3.3$$

$\Delta s(\text{m})$	$t_1(\text{s})$	$t_2(\text{s})$	$v_1(\text{m/s})$	$v_2(\text{m/s})$	$\Delta v$ (m/s) = $v_2 - v_1$	$t_3(\Delta t, \text{s})$	$a(\text{m/s}^2)$
0,1							
0,15							
0,2							
0,25							
0,3							
0,35							
0,4							
0,45							
0,5							

Gambar 3. 4. Tabel hasil eksperimen GLBB

## c. Ralat pengamatan

Jika pengamatan/pengukuran dilakukan berkali-kali pada besaran yang diukur secara langsung, hasilnya berbeda-beda, misalnya hasil pengamatan/pengukuran yang dilakukan sebanyak  $k$  kali dengan hasil tiap kali  $x_i = x_1 ; x_2 ; x_3 \dots \dots x_k$ , dimana  $x_i$  yang besarnya  $x_1 ; x_2 ; x_3 \dots \dots x_k$ , dinamakan nilai terukur yang merupakan nilai atau harga yang mungkin. Nilai terbaik dari nilai ukur adalah nilai rata-ratanya yang merupakan nilai paling mungkin, jadi nilai terbaiknya ( $\bar{x}$ ) yaitu :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i}{k} = \frac{x_1 + x_2 + \dots \dots x_k}{k} \dots \dots \dots \quad 3.4$$

Selisih atau penyimpangan antara nilai terukur dengan nilai rata-rata disebut deviasi ( $\delta$ ) jadi :

$$\delta_x = x_i - \bar{x} \quad 3.5$$

Deviasi berbeda dengan deviasi standard, deviasi standard didefinisikan sebagai akar-akar kuadrat deviasinya dengan rumus :

$$\text{Standard deviasi} = s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{l=1}^k (\delta_{x_l})^2}{k(k-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2}{k(k-1)}} \quad 3.6$$

Sedangkan standard deviasi relatif yaitu :

$$s_{xr} = \frac{s_x}{\bar{x}} \text{ atau } s_{xr} = \frac{s_x}{\bar{x}} \times 100\% \quad 3.7$$

Dengan demikian maka nilai pengamatan dapat ditulis besaran-besaran  $x$  yang benar adalah

$$\bar{x} \pm s_x \dots \quad 3.8$$

Nilai pengukuran sering kali dinyatakan dengan ketelitian, yaitu :

$$1 - s_{xr} \text{ atau } 100\% - s_{xr} \% \quad 3.9$$

(Aminudin, 2022).

## 2. Interpretasi data

Interpretasi data yaitu proses memberi arti dan signifikansi terhadap analisis yang dilakukan, menjelaskan pola-pola deskriptif, mencari hubungan dan keterkaitan antar deskripsi-deskripsi data yang ada (Jose, 2022). Pada penelitian ini peneliti menginterpretasikan datanya melalui grafik hubungan antara posisi ( $s$ ) dan waktu ( $t$ ) untuk hasil analisis data Gerak Lurus Beraturan (GLB). Grafik hubungan antara posisi ( $s$ ) terhadap waktu ( $t$ ) dan kecepatan ( $v$ ) terhadap selang waktu ( $t$ ) untuk hasil analisis data Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB).

**BAB IV**  
**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil Penelitian**

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

1. Hasil analisis data GLB menggunakan sensor IR-LED

Hasil analisis data dan grafik interpretasi data GLB menggunakan sensor dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 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	$1.1 \pm 0.01$	$45.31 \pm 0.486$

2. Hasil analisis data GLB menggunakan *software TRACKER*

Hasil analisis data dan grafik interpretasi data GLB menggunakan *software TRACKER* dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 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. Hasil analisis data GLBB menggunakan sensor IR-LED

Hasil analisis data dan grafik interpretasi data GLB menggunakan sensor dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 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)	$\Delta v$ (m/s) $= v_2 -$ $v_1$	$t_3(\Delta t, s)$	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 ± 0.003	0	50.98 ± 0.422	50.98 ± 0.422	0.883 ± 0.003	57.73
50	0	0.934 ± 0.002	0	53.53 ± 0.38	53.53 ± 0.38	0.934 ± 0.002	57.31

4. Hasil analisis data GLBB menggunakan *software TRACKER*

Hasil analisis data dan grafik interpretasi data GLB menggunakan *software TRACKER* dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4. Tabel 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)	$\Delta v$ (cm/s) $= v_2 - v_1$	$t_3(\Delta t, s)$	$a$ (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

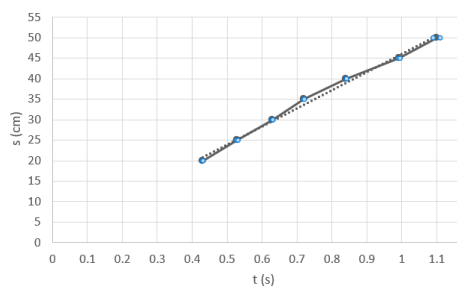
49.69 ± 0.07	0	0.989 ± 0.002	0	50.30 ± 0.068	50.3 ± 0.068	0.989 ± 0.002	50.86
--------------------	---	------------------	---	------------------	-----------------	------------------	-------

## B. Pembahasan

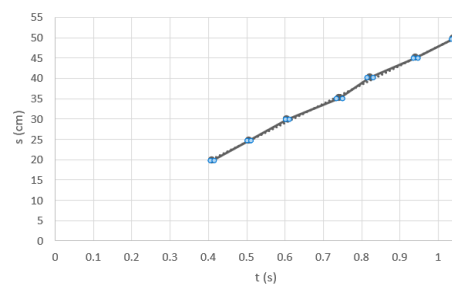
Pada pelaksanaan percobaan ini diulang sebanyak 10 kali untuk analisis menggunakan sensor maupun *software TRACKER* pada tiap-tiap GLB dan GLBB. Pada analisis GLB dan GLBB menggunakan sensor besaran yang terukur hanya waktu. Sedangkan pada analisis GLB dan GLBB menggunakan *software TRACKER* dapat mengukur besaran waktu, jarak/panjang, kecepatan dan percepatan. Perekaman video menggunakan *smartphone* Samsung Galaxy A20 yang mempunyai resolusi lensa 13MP.

Berdasarkan hasil analisis 1 dan hasil analisis 2 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*. Selain itu dari gambar 4.1 hasil interpretasi data GLB menggunakan sensor dan gambar 4.2 hasil interpretasi data GLB menggunakan *software TRACKER*. Dimana jika masing-masing dibandingkan dengan grafik perhitungan teori hubungan jarak terhadap waktu pada GLB,

$$v = \tan \alpha = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad 4.1$$



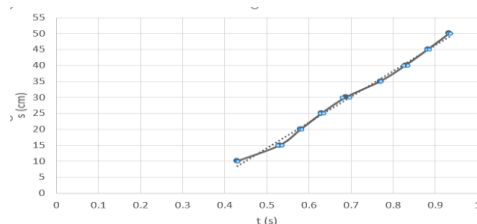
Gambar 4. 1. Grafik GLB posisi  $s$  terhadap waktu  $t$  menggunakan sensor IR-LED



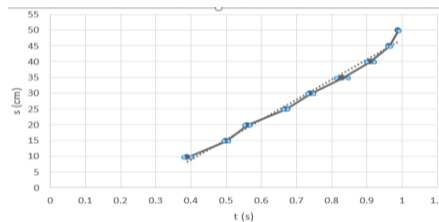
Gambar 4. 2 Grafik GLB posisi  $s$  terhadap waktu  $t$  menggunakan *software TRACKER*

Dapat dilihat bahwa simpangan baku yang ditandai dengan titik-titik warna biru, pada gambar 4.2 lebih besar daripada gambar 4.1. Nilai-nilai posisi terhadap perubahan waktu dari kedua grafik diatas yang tidak selalu linier, terjadi karena pengambilan data yang berulang dari masing-masing analisis yang menyebabkan perbedaan pada rata-rata nilai terukurnya.

Hasil analisis 3 dan 4, 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 anatar hasil analisis GLBB menggunakan sensor dan hasil analisis GLBB menggunakan *software TRACKER* adalah  $4,57 \text{ cm/s}^2$ . Dari gambar 4.3 dan 4.4 grafik GLBB hubungan antara posisi ( $s$ ) terhadap waktu ( $t$ ).

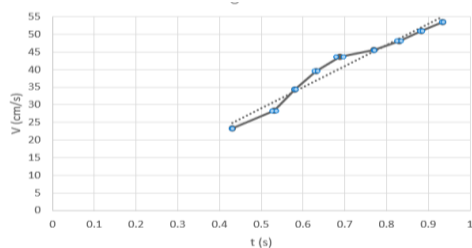


Gambar 4. 3. Grafik GLBB posisi  $s$  terhadap waktu  $t$  menggunakan sensor IR-LED

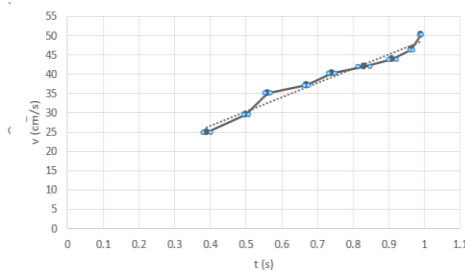


Gambar 4. 4. Grafik GLBB posisi  $s$  terhadap waktu  $t$  menggunakan *software TRACKER*

Bisa diamati bahwa simpangan baku yang ditandai titik berwarna biru pada gambar 4.4 lebih besar daripada gambar 4.3. 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 4.5 dan 4.6.



Gambar 4. 5. Grafik GLBB kecepatan  $v$  terhadap waktu  $t$  menggunakan sensor IR-LED



Gambar 4. 6. Grafik GLBB kecepatan  $v$  terhadap waktu  $t$  menggunakan *software TRACKER*

Simpangan baku yang ditandai titik-titik berwarna biru pada gambar 4.5 lebih besar daripada gambar 4.6. 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 dimasing-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.

Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Firman Nugraha dkk. (2017) tentang eksperimen GLB dan GLBB pesawat Atwood menggunakan aplikasi *TRACKER*, menyatakan bahwa penggunaan *TRACKER* pada pesawat Atwood menunjukkan karakteristik Gerak Lurus Berubah Beraturan dengan baik, dengan perubahan kecepatan 7,776%/detik pada setiap segmen geraknya. Supriyatna dan Liszulfah Roza (2021) yang membandingkan hasil perhitungan GLB dan GLBB secara otomatis menggunakan sensor inframerah dan manual (*stopwatch*) melaporkan hasil perhitungannya yaitu, kecepatan dengan mengukur waktu secara otomatis adalah 0,588 m/s, sedangkan mengukur waktu secara manual didapat 0,608 m/s. Terlihat ada perbedaan selisih kecepatan sebesar 0,02 m/s terhadap kecepatan dalam perhitungan secara otomatis. Untuk percepatan menunjukkan terjadi perbedaan nilai dimana percepatan dengan waktu secara otomatis didapat nilai 0,288 m/s<sup>2</sup> sedangkan untuk percepatan secara manual adalah 0,310 m/s<sup>2</sup>. Terjadi selisih nilai untuk percepatan yaitu 0,022 m/s<sup>2</sup> (Supriyatna, 2021). Adanya perbedaan nilai dan selisish hasil kecepatan dan percepatan ini tentu menunjukkan adanya perbedaan keakuratan pada masing-masing alat pengukuran yang digunakan untuk menganalisis GLB dan GLBB. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan, dimana terjadi perbedaan hasil pengukuran menggunakan dua alat 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 (Astalini, 2020). Hasil analisis data didapati 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.

### Hasil uji hipotesis

Uji hipotesis ini menggunakan uji *T Test Independent* dengan bantuan *software* SPSS untuk menarik kesimpulan antara hipotesis  $H_0$  dan  $H_1$ . Hasil uji hipotesis dapat dilihat pada tabel-tabel berikut.

Tabel 4. 5. Hasil uji *T test Independent* GLB untuk waktu terukur pada sensor dan *TRACKERER*

	<i>sig. (2-tailed)</i>	<i>Mean difference</i>	<i>Std. error difference</i>
<i>Equal variances assumed</i>	0.000	0.02398	0.00447
<i>Equal variances assumed</i>	0.000	0.02354	0.00483
<i>Equal variances assumed</i>	0.000	0.02427	0.00450
<i>Equal variances assumed</i>	0.007	-0.02223	0.00725
<i>Equal variances assumed</i>	0.020	0.01832	0.00720
<i>Equal variances assumed</i>	0.000	0.05157	0.00553
<i>Equal variances assumed</i>	0.003	0.04660	0.01334

Tabel 4.6. Hasi

Tabel 4. 6. Hasil uji *T test Independent* GLB untuk kecepatan pada sensor dan *TRACKER*

	<i>sig. (2-tailed)</i>	<i>Mean difference</i>	<i>Std. error difference</i>
<i>Equal variances assumed</i>	0.022	-1.46286	.55864

Tabel 4. 7. Hasil uji *T test Independent GLBB* untuk waktu terukur pada sensor dan *TRACKER*

	<i>sig. (2-tailed)</i>	<i>Mean difference</i>	<i>Std. error difference</i>
<i>Equal variances assumed</i>	0.000	0.04368	0.00979
<i>Equal variances assumed</i>	0.002	0.03182	0.00856
<i>Equal variances assumed</i>	0.031	0.01890	0.00807
<i>Equal variances assumed</i>	0.007	-0.03715	0.00729
<i>Equal variances assumed</i>	0.01	-0.05063	0.01203
<i>Equal variances assumed</i>	0.002	-0.05676	0.01574
<i>Equal variances assumed</i>	0.000	-0.07837	0.00980
<i>Equal variances assumed</i>	0.000	-0.08362	0.00354
<i>Equal variances assumed</i>	0.000	-0.05390	0.00320

Tabel 4. 8. Hasil uji *T test Independent GLBB* untuk percepatan pada sensor dan *TRACKER*

	<i>sig. (2-tailed)</i>	<i>Mean difference</i>	<i>Std. error difference</i>
<i>Equal variances assumed</i>	0.048	4.57222	2.13708



Dari tabel 4.5 hasil uji *T test Independent* GLB menggunakan sensor dan *TRACKER* didapati rata-rata nilai *sig. (2-tailed)* sebesar 0.004 dan dari tabel 4.6 sebesar 0.022. Sedangkan rata-rata nilai *sig. (2-tailed)* untuk hasil uji *T test Independent* GLBB pada tabel 4.7 adalah 0.006 dan tabel 4.8 didapati 0.048. Sesuai teori jika nilai *sig. (2-tailed)* < 0.05 maka terdapat perbedaan yang signifikan. Jika nilai *sig. (2-tailed)* >0.05 maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan keakuratan antara hasil analisis pengukuran pesawat Atwood menggunakan sensor IR-LED dan *software* pengolahan citra *TRACKER* atau  $H_1$  diterima.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

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*. Pada hasil uji *T test Independent* yang rata-rata nilai *sig. (2-tailed)* masih dibawah 0,05 maka 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 disetiap *frame* pada segmen gerakanya, 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*.

## **B. Saran**

Saran untuk penelitian serupa atau pengembangan agar menggunakan alat perekam yang lebih baik dan mampu digunakan merekam benda-benda dengan gerakan cepat. Juga memperhatikan posisi pesawat Atwood dan alat perekam agar selalu sejajar. Selain itu set alat pesawat Atwood menggunakan sensor dapat dikolaborasikan dengan *software* agar pencatatan besaran terukur dapat dilakukan secara otomatis supaya proses pengolahan data lebih mudah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin, M. (2022, Juni 16). *ACADEMIA*. Retrieved from <https://www.academia.edu>:  
[https://www.academia.edu/25457097/PRAKTIKUM\\_FISIKA\\_DASAR\\_T EORI\\_RALAT](https://www.academia.edu/25457097/PRAKTIKUM_FISIKA_DASAR_T EORI_RALAT)
- Astalini, D. D. (2020, Januari 23). *fisdasI/pengukuran/analisis*. Retrieved from [fisika.fkip.unja.ac.id](http://fisika.fkip.unja.ac.id):  
<http://fisika.fkip.unja.ac.id/fisdasI/pengukuran/analisis.htm>
- Firman Nugraha, R. W. (2017). EKSPERIMEN PESAWAT ATWOOD BERBASIS PENGOLAHAN APLIKASI TRACKER UNTUK MENGAMATI FENOMENA GERAK LURUS BERATURAN DAN GERAK LURUS BERUBAH BERATURAN PADA PEMBELAJARAN FISIKA. *Seminar Nasional Fisika*, 17.
- Firman Nugraha, R. W. (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*, 19.
- Gangga Anuraga, A. I. (2021). PELATIHAN PENGUJIAN HIPOTESIS STATISTIKA DASAR DENGAN SOFTWARE R. *BUDIMAS*, 328.
- Jose, P. (2022, Juni 16). *ACADEMIA*. Retrieved from <https://www.academia.edu>:  
[https://www.academia.edu/36188866/ANALISIS\\_DAN\\_INTERPRETASI \\_DATA\\_SURVEILENS](https://www.academia.edu/36188866/ANALISIS_DAN_INTERPRETASI _DATA_SURVEILENS)
- M R Ridho, B. A. (2020). Analisis Korelasi Kecepatan dan Percepatan Saat Gerak Lurus Menggunakan Pesawat Atwood Berbasis Arduino dengan Sensor Logam. *Seminar Nasional Fisika (SNF)* (p. 58). Surabaya: Jurusan Fisika FMIPA UNESA.
- Riky Tri Yunardi, W. P. (2017). Analisa Kerja Sensor Infra Merah dan Ultrasonik Untuk Sistem Pengukuran Jarak pada Mobile Robot Inspection. *SETRUM*, 35.
- Sri Ratna Sulistiyanti, F. A. (2016). *PENGOLAHAN CITRA Dasar dan Contoh Penerapannya*. Yogyakarta: TEKNOSAIN.

- Supriyatna, L. R. (2021). ANALISIS KEAKURATAN SENSOR INFRAMERAH DAN STOPWATCH PADA PRAKTIK GLB DAN GLBB. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 69.
- Supriyatna, L. R. (2021). ANALISIS KEAKURATAN SENSOR INFRAMERAH DAN STOPWATCH PADA PRAKTIK GLB DAN GLBB. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 72.
- Suryo, M. (2012). *Makalah Pesawat Atwood*. Palembang: Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
- Syahrial, F. (2022, 16 Juni). *SCRIBD*. Retrieved from <https://www.scribd.com:https://www.scribd.com/doc/310780821/Variabel-Penelitian-Eksperimen>
- Ummi Gusti Salamah, R. E. (2021). *Pengolahan Citra Digital*. Bandung: MEDIA SAINS INDONESIA.
- Wibowo, P. S. (2022, Juni 15). *PENGGUNAAN TRACKER PADA MATERI PEMBELAJARAN GERAK PARABOLA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN INTERPRETASI GRAFIK SISWA*. Retrieved from <http://lib.unnes.ac.id: http://lib.unnes.ac.id/41464/1/4201415084.pdf>

# LAMPIRAN

## Lampiran 1. Hasil data GLB Sensor

S (m)	t (s)
0.2	0.4327
0.25	0.5313
0.3	0.6291
0.35	0.7365
0.4	0.8418
0.45	0.9955
0.5	1

S (m)	t (s)
0.2	0.4308
0.25	0.5357
0.3	0.6264
0.35	0.7283
0.4	0.8419
0.45	0.9954
0.5	1.075

S (m)	t (s)
0.2	0.4276
0.25	0.5234
0.3	0.6281
0.35	0.7265
0.4	0.8429
0.45	0.9957
0.5	1.065

S (m)	t (s)
0.2	0.4319
0.25	0.5216
0.3	0.6333
0.35	0.7305
0.4	0.8387
0.45	0.9849
0.5	1.118

S (m)	t (s)
-------	-------

0.2	0.4297
0.25	0.5372
0.3	0.6335
0.35	0.7335
0.4	0.8398
0.45	0.9975
0.5	1.122

S (m)	t (s)
0.2	0.4237
0.25	0.5218
0.3	0.6331
0.35	0.7291
0.4	0.8389
0.45	0.9991
0.5	1.097

S (m)	t (s)
0.2	0.4291
0.25	0.5254
0.3	0.6261
0.35	0.7301
0.4	0.8426
0.45	0.9944
0.5	1.062

S (m)	t (s)
0.2	0.4314
0.25	0.5317
0.3	0.6311
0.35	0.7297
0.4	0.8387
0.45	0.9881
0.5	1.114



S (m)	t (s)
0.2	0.4322
0.25	0.5301
0.3	0.6315
0.35	0.7284
0.4	0.8418
0.45	0.9934
0.5	1.125

Lampiran 2. Hasil data GLB *TRACKER*

s (m)	t (s)
0.1946	0.4
0.2508	0.533
0.3079	0.632
0.3474	0.766
0.4071	0.799
0.4562	0.967
0.4955	1.067

s (m)	t (s)
0.2009	0.399
0.2482	0.499
0.2946	0.599
0.3545	0.732
0.404	0.799
0.455	0.965
0.4928	1.031

s (m)	t (s)
0.1968	0.399
0.2441	0.499
0.2955	0.599
0.3464	0.766
0.4004	0.832
0.4496	0.931
0.4951	1.031

s (m)	t (s)
0.1986	0.399
0.2423	0.499
0.3045	0.632
0.3496	0.699
0.3969	0.832
0.4491	0.931
0.4987	1.031

s (m)	t (s)
0.2082	0.432
0.2468	0.499
0.3067	0.599
0.3514	0.732
0.3987	0.867
0.4433	0.931
0.4937	1.031

s (m)	t (s)
0.1959	0.399
0.2451	0.499
0.2914	0.599
0.3446	0.766
0.405	0.799
0.4437	0.931
0.4973	1.031

s (m)	t (s)
0.1968	0.432
0.2568	0.532
0.2995	0.599
0.3527	0.732
0.4009	0.832
0.4491	0.931
0.4977	1.031

s (m)	t (s)
0.1964	0.399
0.2459	0.499
0.2933	0.599
0.3513	0.732
0.4009	0.832
0.455	0.931
0.4937	1.031

s (m)	t (s)
0.1927	0.399
0.2468	0.499
0.295	0.599
0.3437	0.766
0.4032	0.832
0.4482	0.931
0.5018	1.065

s (m)	t (s)
0.1977	0.399
0.2409	0.499
0.3041	0.599
0.3609	0.732
0.4018	0.799
0.4482	0.965
0.4982	1.065

## Lampiran 3. Hasil data GLBB Sensor

$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)
0.1	0	0.4307
0.15	0	0.5406
0.2	0	0.5861
0.25	0	0.6338
0.3	0	0.6841
0.35	0	0.769
0.4	0	0.8463
0.45	0	0.8801
0.5	0	0.9467
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)
0.1	0	0.4261
0.15	0	0.5167
0.2	0	0.5894
0.25	0	0.6255
0.3	0	0.6794
0.35	0	0.7717
0.4	0	0.8147
0.45	0	0.8753
0.5	0	0.9311
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)
0.1	0	0.4323
0.15	0	0.5427
0.2	0	0.5881
0.25	0	0.6238
0.3	0	0.7146
0.35	0	0.7708
0.4	0	0.8277
0.45	0	0.9087
0.5	0	0.9407
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)
0.1	0	0.4333
0.15	0	0.5355
0.2	0	0.5758
0.25	0	0.6351
0.3	0	0.7134
0.35	0	0.7689
0.4	0	0.8231
0.45	0	0.8841
0.5	0	0.9355
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)

0.1	0	0.4254
0.15	0	0.5238
0.2	0	0.5822
0.25	0	0.6437
0.3	0	0.6726
0.35	0	0.7716
0.4	0	0.8612
0.45	0	0.8891
0.5	0	0.9235
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)
0.1	0	0.4335
0.15	0	0.5272
0.2	0	0.5761
0.25	0	0.6506
0.3	0	0.6818
0.35	0	0.7681
0.4	0	0.8182
0.45	0	0.8728
0.5	0	0.9325
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)
0.1	0	0.4323
0.15	0	0.5442
0.2	0	0.5861
0.25	0	0.6471
0.3	0	0.7217
0.35	0	0.7771
0.4	0	0.8386
0.45	0	0.8793
0.5	0	0.9319
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)
0.1	0	0.4275
0.15	0	0.4946
0.2	0	0.5774
0.25	0	0.6149
0.3	0	0.6429
0.35	0	0.7706
0.4	0	0.8162
0.45	0	0.8794
0.5	0	0.9266
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)
0.1	0	0.4296
0.15	0	0.5421

0.2	0	0.5709
0.25	0	0.6254
0.3	0	0.7164
0.35	0	0.7625
0.4	0	0.8244
0.45	0	0.8831
0.5	0	0.9302
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)
0.1	0	0.4301
0.15	0	0.5408
0.2	0	0.5809
0.25	0	0.6136
0.3	0	0.6528
0.35	0	0.7651
0.4	0	0.8339
0.45	0	0.8749
0.5	0	0.9413

Lampiran 4. Hasil data GLBB *TRACKER*

$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$V_1$ (m/s)
0.09664	0	0.333	0
0.1518	0	0.466	0
0.1982	0	0.532	0
0.2513	0	0.632	0
0.2969	0	0.699	0
0.3503	0	0.765	0
0.4009	0	0.898	0
0.4451	0	0.968	0
0.4953	0	0.972	0
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$V_1$ (m/s)
0.09808	0	0.366	0
0.1471	0	0.499	0
0.1951	0	0.532	0
0.2491	0	0.699	0
0.2991	0	0.798	0
0.3477	0	0.865	0
0.3982	0	0.866	0
0.4466	0	0.965	0
0.4955	0	0.991	0
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$V_1$ (m/s)
0.09751	0	0.399	0
0.1485	0	0.499	0
0.1998	0	0.566	0
0.247	0	0.665	0
0.2956	0	0.765	0
0.3495	0	0.799	0
0.3971	0	0.899	0
0.4487	0	0.975	0
0.4966	0	0.986	0



$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$V_1$ (m/s)
0.0975	0	0.432	0
0.1484	0	0.466	0
0.1991	0	0.566	0
0.2456	0	0.699	0
0.296	0	0.732	0
0.3468	0	0.798	0
0.4	0	0.932	0
0.4489	0	0.962	0
0.4998	0	0.995	0
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$V_1$ (m/s)
0.09422	0	0.399	0
0.1456	0	0.499	0
0.1974	0	0.599	0
0.2492	0	0.665	0
0.2981	0	0.732	0
0.3452	0	0.899	0
0.3979	0	0.932	0
0.45	0	0.968	0
0.4943	0	0.982	0
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$V_1$ (m/s)
0.09422	0	0.399	0
0.1456	0	0.499	0
0.1974	0	0.599	0
0.2492	0	0.665	0
0.2981	0	0.732	0
0.3452	0	0.799	0
0.3979	0	0.932	0
0.45	0	0.965	0
0.4943	0	0.988	0
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$V_1$ (m/s)
0.09314	0	0.399	0
0.1462	0	0.532	0
0.1969	0	0.566	0
0.2491	0	0.665	0
0.2998	0	0.732	0
0.349	0	0.899	0
0.3988	0	0.899	0
0.4491	0	0.965	0
0.5001	0	0.989	0

$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$V_1$ (m/s)
0.0978	0	0.399	0
0.1476	0	0.499	0
0.1996	0	0.532	0
0.2485	0	0.665	0
0.2981	0	0.732	0
0.3477	0	0.832	0
0.3982	0	0.932	0
0.4477	0	0.959	0
0.4987	0	0.998	0
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$V_1$ (m/s)
0.09784	0	0.399	0
0.1476	0	0.499	0
0.1958	0	0.566	0
0.2473	0	0.665	0
0.2966	0	0.732	0
0.347	0	0.842	0
0.3991	0	0.866	0
0.445	0	0.969	0
0.4973	0	0.987	0
$\Delta s$ (m)	$t_1$ (s)	$t_2$ (s)	$V_1$ (m/s)
0.09665	0	0.399	0
0.1477	0	0.532	0
0.1987	0	0.566	0
0.2467	0	0.665	0
0.2973	0	0.732	0
0.3462	0	0.765	0
0.3962	0	0.932	0
0.4434	0	0.967	0
0.4969	0	0.991	0

## Lampiran 5. Hasil ralat pengamatan waktu t (s) GLB sensor

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.4027	0.00789	6.22521E-05	0.011488298	99.9885117
2	0.3828	0.01201	0.00014424		99.99%
3	0.3876	0.00721	5.19841E-05		
4	0.3919	0.00291	8.4681E-06		
5	0.3977	0.00289	8.3521E-06		
6	0.3897	0.00511	2.61121E-05		
7	0.4237	0.02889	0.000834632		
8	0.3911	0.00371	1.37641E-05		
9	0.3904	0.00441	1.94481E-05		
10	0.3905	0.00431	1.85761E-05		
n=10	0.39481		0.001187829		

Pengukuran Ke-	Nilai Terukur t (s)	Deviasi (s)	Kuadrat Deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.4992	0.01091	0.000119028	0.005017	99.99498
2	0.4835	-0.00479	2.29441E-05		99.99%
3	0.4853	-0.00299	8.9401E-06		
4	0.4859	-0.00239	5.7121E-06		
5	0.4851	-0.00319	1.01761E-05		
6	0.4846	-0.00369	1.36161E-05		
7	0.4921	0.00381	1.45161E-05		
8	0.4854	-0.00289	8.3521E-06		
9	0.4917	0.00341	1.16281E-05		
10	0.4901	0.00181	3.2761E-06		
	0.48829		0.000226541		

Pengukuran ke-	Nilai terukur t (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.6191	0.01932	0.000373262	0.007559	99.99244
2	0.5964	-0.00338	1.14244E-05		99.99%
3	0.5981	-0.00168	2.8224E-06		
4	0.6033	0.00352	1.23904E-05		
5	0.5961	-0.00368	1.35424E-05		

6	0.5935	-0.00628	3.94384E-05
7	0.5931	-0.00668	4.46224E-05
8	0.5961	-0.00368	1.35424E-05
9	0.6011	0.00132	1.7424E-06
10	0.601	0.00122	1.4884E-06
n=10	0.59978		0.000514276

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian n
				0.00641	
1	0.7205	0.01143	0.000130645	6	99.99358
2	0.7123	0.00323	1.04329E-05		99.99%
3	0.7045	-0.00457	2.08849E-05		
4	0.7005	-0.00857	7.34449E-05		
5	0.7041	-0.00497	2.47009E-05		
6	0.7055	-0.00357	1.27449E-05		
7	0.7121	0.00303	9.1809E-06		
8	0.7091	3E-05	9E-10		
9	0.7047	-0.00437	1.90969E-05		
10	0.7174	0.00833	6.93889E-05		
n=10	0.70907		0.000370521		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.8218	0.01167	0.000136	0.009352	99.99065
2	0.8039	-0.00623	3.88E-05		99.99%
3	0.8109	0.00077	5.93E-07		
4	0.8287	0.01857	0.000345		
5	0.8091	-0.00103	1.06E-06		
6	0.7991	-0.01103	0.000122		
7	0.8085	-0.00163	2.66E-06		
8	0.8126	0.00247	6.1E-06		
9	0.7987	-0.01143	0.000131		
10	0.808	-0.00213	4.54E-06		
n=10	0.81013		0.000787		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian n
				0.00877	
1	0.9255	0.00153	2.3409E-06	1	99.99123
2	0.9354	0.01143	0.000130645		99.99%
3	0.9157	-0.00827	6.83929E-05		

4	0.9249	0.00093	8.649E-07
5	0.9157	-0.00827	6.83929E-05
6	0.9375	0.01353	0.000183061
7	0.9191	-0.00487	2.37169E-05
8	0.9144	-0.00957	9.15849E-05
9	0.9181	-0.00587	3.44569E-05
10	0.9334	0.00943	8.89249E-05
n=10	0.92397		0.000692381

Pengukuran ke-	Nilai terukur t (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	1	0.0203	0.00041209	0.008994	99.99101
2	1.015	-0.0077	5.929E-05		99.99%
3	1.015	-0.0077	5.929E-05		
4	1.018	-0.0047	2.209E-05		
5	1.02	-0.0027	7.29E-06		
6	1.022	-0.0007	4.9E-07		
7	1.017	-0.0057	3.249E-05		
8	1.02	-0.0027	7.29E-06		
9	1.034	0.0113	0.00012769		
10	1.023	0.0003	9E-08		
n=10	1.0227		0.0007281		

Lampiran 6. Hasil ralat pengamatan GLB waktu t (s) *TRACKER*

Pengukuran ke-	Nilai terukur t (s)	Deviasi t (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.4	-0.0057	3.249E-05	0.013865	99.98614
2	0.399	-0.0067	4.489E-05		99.99%
3	0.399	-0.0067	4.489E-05		
4	0.399	-0.0067	4.489E-05		
5	0.432	0.0263	0.00069169		
6	0.399	-0.0067	4.489E-05		
7	0.432	0.0263	0.00069169		
8	0.399	-0.0067	4.489E-05		
9	0.399	-0.0067	4.489E-05		
10	0.399	-0.0067	4.489E-05		
n=10	0.4057		0.0017301		

Pengukuran ke-	Nilai terukur t (s)	Deviasi t (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.533	0.0273	0.00074529	0.014127	99.98587
2	0.499	-0.0067	4.489E-05		99.99%
3	0.499	-0.0067	4.489E-05		
4	0.499	-0.0067	4.489E-05		
5	0.499	-0.0067	4.489E-05		
6	0.499	-0.0067	4.489E-05		
7	0.532	0.0263	0.00069169		
8	0.499	-0.0067	4.489E-05		
9	0.499	-0.0067	4.489E-05		
10	0.499	-0.0067	4.489E-05		
n=10	0.5057		0.0017961		

Pengukuran ke-	Nilai terukur t (s)	Deviasi t (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.667	0.0513	0.00263169	0.02381	99.97619
2	0.599	-0.0167	0.00027889		99.98%
3	0.599	-0.0167	0.00027889		
4	0.632	0.0163	0.00026569		
5	0.632	0.0163	0.00026569		
6	0.599	-0.0167	0.00027889		
7	0.599	-0.0167	0.00027889		
8	0.599	-0.0167	0.00027889		
9	0.599	-0.0167	0.00027889		
10	0.632	0.0163	0.00026569		
n=10	0.6157		0.0051021		

Pengukuran ke-	Nilai terukur t (s)	Deviasi t (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.733	0.0141	0.00019881	0.01713	99.98287
2	0.732	0.0131	0.00017161		99.98%
3	0.699	-0.0199	0.00039601		
4	0.699	-0.0199	0.00039601		
5	0.732	0.0131	0.00017161		
6	0.699	-0.0199	0.00039601		
7	0.732	0.0131	0.00017161		
8	0.732	0.0131	0.00017161		
9	0.699	-0.0199	0.00039601		
10	0.732	0.0131	0.00017161		
n=10	0.7189		0.0026409		

Pengukuran ke-	Nilai terukur t (s)	Deviasi t (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.867	0.0315	0.00099225	0.011068	99.98893
2	0.832	-0.0035	1.225E-05		99.99%
3	0.832	-0.0035	1.225E-05		
4	0.832	-0.0035	1.225E-05		
5	0.832	-0.0035	1.225E-05		
6	0.832	-0.0035	1.225E-05		
7	0.832	-0.0035	1.225E-05		
8	0.832	-0.0035	1.225E-05		
9	0.832	-0.0035	1.225E-05		
10	0.832	-0.0035	1.225E-05		
n=10	0.8355		0.0011025		

Pengukuran ke-	Nilai terukur t (s)	Deviasi t (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.967	0.0256	0.00065536	0.016754	99.98325
2	0.965	0.0236	0.00055696		99.98%
3	0.931	-0.0104	0.00010816		
4	0.931	-0.0104	0.00010816		
5	0.931	-0.0104	0.00010816		
6	0.931	-0.0104	0.00010816		
7	0.931	-0.0104	0.00010816		
8	0.931	-0.0104	0.00010816		
9	0.931	-0.0104	0.00010816		
10	0.965	0.0236	0.00055696		
n=10	0.9414		0.0025264		

Pengukuran ke-	Nilai terukur t (s)	Deviasi t (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
----------------	---------------------	---------------	-----------------	------------	------------

1	1.067	0.0256	0.00065536	0.016754	99.98325
2	1.031	-0.0104	0.00010816		99.98%
3	1.031	-0.0104	0.00010816		
4	1.031	-0.0104	0.00010816		
5	1.031	-0.0104	0.00010816		
6	1.031	-0.0104	0.00010816		
7	1.031	-0.0104	0.00010816		
8	1.031	-0.0104	0.00010816		
9	1.065	0.0236	0.00055696		
10	1.065	0.0236	0.00055696		
n=10	1.0414		0.0025264		



Lampiran 7. Hasil ralat pengamatan posisi s (m) GLB TRACKER

Pengukuran ke-	Nilai terukur s (m)	Deviasi s (m)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.1946	-0.00326	1.06276E-05	0.004245	99.99575
2	0.2009	0.00304	9.2416E-06		100.00%
3	0.1968	-0.00106	1.1236E-06		
4	0.1986	0.00074	5.476E-07		
5	0.2082	0.01034	0.000106916		
6	0.1959	-0.00196	3.8416E-06		
7	0.1968	-0.00106	1.1236E-06		
8	0.1964	-0.00146	2.1316E-06		
9	0.1927	-0.00516	2.66256E-05		
10	0.1977	-0.00016	2.56E-08		
n=10	0.19786		0.000162204		

Pengukuran ke-	Nilai terukur s (m)	Deviasi s (m)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.2508	0.00403	1.62409E-05	0.004522	99.99548
2	0.2482	0.00143	2.0449E-06		100.00%
3	0.2441	-0.00267	7.1289E-06		
4	0.2423	-0.00447	1.99809E-05		
5	0.2468	3E-05	9E-10		
6	0.2451	-0.00167	2.7889E-06		
7	0.2568	0.01003	0.000100601		
8	0.2459	-0.00087	7.569E-07		
9	0.2468	3E-05	9E-10		
10	0.2409	-0.00587	3.44569E-05		
n=10	0.24677		0.000184001		

Pengukuran ke-	Nilai terukur s (m)	Deviasi s (m)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.3079	0.00865	7.48225E-05	0.006075863	99.99392
2	0.2946	-0.00465	2.16225E-05		99.99%
3	0.2955	-0.00375	1.40625E-05		
4	0.3045	0.00525	2.75625E-05		
5	0.3067	0.00745	5.55025E-05		
6	0.2914	-0.00785	6.16225E-05		
7	0.2995	0.00025	6.25E-08		
8	0.2933	-0.00595	3.54025E-05		
9	0.295	-0.00425	1.80625E-05		
10	0.3041	0.00485	2.35225E-05		
n=10	0.29925		0.000332245		

Pengukuran ke-	Nilai terukur s (m)	Deviasi s (m)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
				0.0051435	99.9948564
1	0.3474	-0.00285	8.1225E-06	5	5
2	0.3545	0.00425	1.80625E-05		99.99%
3	0.3464	-0.00385	1.48225E-05		
4	0.3496	-0.00065	4.225E-07		
5	0.3514	0.00115	1.3225E-06		
6	0.3446	-0.00565	3.19225E-05		
7	0.3527	0.00245	6.0025E-06		
8	0.3513	0.00105	1.1025E-06		
9	0.3437	-0.00655	4.29025E-05		
			0.00011342		
10	0.3609	0.01065	3		
			0.00023810		
n=10	0.35025		5		

Pengukuran ke-	Nilai terukur s (m)	Deviasi s (m)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.4071	0.00521	2.71441E-05	0.003023	99.99698
2	0.404	0.00211	4.4521E-06		100.00%
3	0.4004	-0.00149	2.2201E-06		
4	0.3969	-0.00499	2.49001E-05		
5	0.3987	-0.00319	1.01761E-05		
6	0.405	0.00311	9.6721E-06		
7	0.4009	-0.00099	9.801E-07		
8	0.4009	-0.00099	9.801E-07		
9	0.4032	0.00131	1.7161E-06		
10	0.4018	-9E-05	8.1E-09		
n=10	0.40189		8.2249E-05		

Pengukuran ke-	Nilai terukur s (m)	Deviasi s (m)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.4562	0.00646	4.17316E-05	0.00448	99.99552
2	0.455	0.00526	2.76676E-05		100.00%
3	0.4496	-0.00014	1.96E-08		
4	0.4491	-0.00064	4.096E-07		
5	0.4433	-0.00644	4.14736E-05		
6	0.4437	-0.00604	3.64816E-05		
7	0.4491	-0.00064	4.096E-07		
8	0.455	0.00526	2.76676E-05		
9	0.4482	-0.00154	2.3716E-06		
10	0.4482	-0.00154	2.3716E-06		
n=10	0.44974		0.000180604		

Pengukuran ke-	Nilai terukur s (m)	Deviasi s (m)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.4955	-0.00095	9.025E-07	0.002793	99.99721
2	0.4928	-0.00365	1.33225E-05		100.00%
3	0.4951	-0.00135	1.8225E-06		
4	0.4987	0.00225	5.0625E-06		
5	0.4937	-0.00275	7.5625E-06		
6	0.4973	0.00085	7.225E-07		
7	0.4977	0.00125	1.5625E-06		
8	0.4937	-0.00275	7.5625E-06		
9	0.5018	0.00535	2.86225E-05		
10	0.4982	0.00175	3.0625E-06		
n=10	0.49645		7.0205E-05		

Pengukuran ke-	Nilai terukur s (m)	Deviasi s (m)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.4955	-0.00095	9.025E-07	0.002793	99.99721
2	0.4928	-0.00365	1.33225E-05		100.00%
3	0.4951	-0.00135	1.8225E-06		
4	0.4987	0.00225	5.0625E-06		
5	0.4937	-0.00275	7.5625E-06		
6	0.4973	0.00085	7.225E-07		
7	0.4977	0.00125	1.5625E-06		
8	0.4937	-0.00275	7.5625E-06		
9	0.5018	0.00535	2.86225E-05		
10	0.4982	0.00175	3.0625E-06		
n=10	0.49645		7.0205E-05		

## Lampiran 8. Hasil ralat perambatan GLB sensor

s (cm)	$\Delta s$	t (s)	$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	(t - t rata-rata) <sup>2</sup>	$\bar{s}_v$
20	0.5	0.4327	46.54626699	0.00302	9.1204E-06	0.78154
		0.4308		0.00112	1.2544E-06	
		0.4276		-0.00208	4.3264E-06	
		0.4319		0.00222	4.9284E-06	
		0.4277		-0.00198	3.9204E-06	
		0.4297		2E-05	4E-10	
		0.4237		-0.00598	3.57604E-05	
		0.4291		-0.00058	3.364E-07	
		0.4314		0.00172	2.9584E-06	
		0.4322		0.00252	6.3504E-06	
		0.42968			6.8956E-05	
					0.00087531	
					6	
25	0.5	0.5313	47.23755	0.00206	4.2436E-06	0.650798
		0.5357		0.00646	4.17316E-05	
		0.5234		-0.00584	3.41056E-05	
		0.5216		-0.00764	5.83696E-05	
		0.5342		0.00496	2.46016E-05	
		0.5372		0.00796	6.33616E-05	
		0.5218		-0.00744	5.53536E-05	
		0.5254		-0.00384	1.47456E-05	
		0.5317		0.00246	6.0516E-06	
		0.5301		0.00086	7.396E-07	
		0.52924			0.000303304	
					0.001835768	
		30		0.5	0.6291	
0.6264	-0.00347		1.20409E-05			
0.6281	-0.00177		3.1329E-06			
0.6333	0.00343		1.17649E-05			
0.6265	-0.00337		1.13569E-05			
0.6335	0.00363		1.31769E-05			
0.6331	0.00323		1.04329E-05			
0.6261	-0.00377		1.42129E-05			
0.6311	0.00123		1.5129E-06			
0.6315	0.00163		2.6569E-06			

s (cm)	$\Delta s$	t (s)	$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	$(t - t \text{ rata-rata})^2$	$\bar{s}_v$
			0.62987			8.0881E-05
					0.000947986	
35	0.5	0.7265	48.60639	0.00643	4.13449E-05	0.467105
		0.7183		-0.00177	3.1329E-06	
		0.7165		-0.00357	1.27449E-05	
		0.7205		0.00043	1.849E-07	
		0.7181		-0.00197	3.8809E-06	
		0.7235		0.00343	1.17649E-05	
		0.7191		-0.00097	9.409E-07	
		0.7201		3E-05	9E-10	
		0.7197		-0.00037	1.369E-07	
		0.7184		-0.00167	2.7889E-06	
		0.72007			7.6921E-05	
					0.000924488	

s (cm)	$\Delta s$	t (s)	$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	$(t - t \text{ rata-rata})^2$	$\bar{s}_v$
40	0.5	0.8418	47.58393	0.00118	1.3924E-06	0.397737
		0.8419		0.00128	1.6384E-06	
		0.8429		0.00228	5.1984E-06	
				-		
		0.8387		0.00192	3.6864E-06	
				-		
		0.8391		0.00152	2.3104E-06	
				-		
		0.8398		0.00082	6.724E-07	
				-		
		0.8389		0.00172	2.9584E-06	
		0.8426		0.00198	3.9204E-06	
				-		
		0.8387		0.00192	3.6864E-06	
		0.8418		0.00118	1.3924E-06	
		0.84062			2.6856E-05	
					0.00054626	

s (cm)	$\Delta s$	t (s)	$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	$(t - t \text{ rata-rata})^2$	$\bar{s}_v$
45	0.5	0.9955	45.31859	0.00253	6.4009E-06	0.343253
		0.9954		0.00243	5.9049E-06	
		0.9957		0.00273	7.4529E-06	
		0.9849		-0.00807	6.51249E-05	
		0.9857		-0.00727	5.28529E-05	
		0.9975		0.00453	2.05209E-05	

			0.9991		0.00613	3.75769E-05	
			0.9944		0.00143	2.0449E-06	
			0.9881		-0.00487	2.37169E-05	
			0.9934		0.00043	1.849E-07	
			0.99297			0.000221781	
						0.001569788	
s			$\bar{v}$		$t - \bar{t}$	$(t - t \text{ rata-}$	$\bar{s}_v$
(cm)	$\Delta s$	t (s)				rata) <sup>2</sup>	
50	0.5	1	45.31366	0.05078	0.002578608	0.486423	
		1.075		-0.02842	0.000807696		
		1.065		-0.03842	0.001476096		
		1.118		0.01458	0.000212576		
		1.102		-0.00142	2.0164E-06		
		1.122		0.01858	0.000345216		
		1.097		-0.00642	4.12164E-05		
		1.062		-0.04142	0.001715616		
		1.114		0.01058	0.000111936		
		1.125		0.02158	0.000465696		
		1.10342			0.007756676		
					0.009283603		

Lampiran 9. Hasil ralat perambatan GLB *TRACKER*

s (cm)	t (s)	s - s rata- rata	(s - s rata- rata) <sup>2</sup>	t - t rata- rata	(t - t rata- rata) <sup>2</sup>	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$		
19.46	0.4	0.326	0.106276	-0.0057	3.249E-05	0.330906	48.77003		
20.09	0.399	0.304	0.092416	-0.0067	4.489E-05				
19.68	0.399	0.106	0.011236	-0.0067	4.489E-05				
19.86	0.399	0.074	0.005476	-0.0067	4.489E-05				
20.82	0.432	1.034	1.069156	0.0263	0.00069169				
19.59	0.399	0.196	0.038416	-0.0067	4.489E-05				
19.68	0.432	0.106	0.011236	0.0263	0.00069169				
19.64	0.399	0.146	0.021316	-0.0067	4.489E-05				
19.27	0.399	0.516	0.266256	-0.0067	4.489E-05				
19.77	0.399	0.016	0.000256	-0.0067	4.489E-05				
19.786	0.4057	-1.4E-14	1.62204	4.44089E-16	0.0017301				
			0.134248526		0.004384442				
s (cm)	t (s)	s - s rata- rata	(s - s rata- rata) <sup>2</sup>	t - t rata- rata	(t - t rata- rata) <sup>2</sup>			$\bar{S}_v$	$\bar{v}$
25.08	0.533	0.403	0.162409	0.0273	0.00074529			0.282746	48.79771
24.82	0.499	0.143	0.020449	-0.0067	4.489E-05				
24.41	0.499	-0.267	0.071289	-0.0067	4.489E-05				
24.23	0.499	-0.447	0.199809	-0.0067	4.489E-05				
24.68	0.499	0.003	9E-06	-0.0067	4.489E-05				
24.51	0.499	-0.167	0.027889	-0.0067	4.489E-05				
25.68	0.532	1.003	1.006009	0.0263	0.00069169				
24.59	0.499	-0.087	0.007569	-0.0067	4.489E-05				
24.68	0.499	0.003	9E-06	-0.0067	4.489E-05				
24.09	0.499	-0.587	0.344569	-0.0067	4.489E-05				
24.677	0.5057	3.55E-15	1.84001	7.77156E-16	0.0017961				
			0.142984459		0.004467289				
s (cm)	t (s)	s - s rata-rata	(s - s rata- rata) <sup>2</sup>	t - t rata- rata	(t - t rata- rata) <sup>2</sup>	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$		

					0.000696	0.31726	49.413
30.79	0.632	0.865	0.748225	0.0264	96	5	8
29.46	0.599	-0.465	0.216225	-0.0066	4.356E-05		
29.55	0.599	-0.375	0.140625	-0.0066	4.356E-05		
					0.000696		
30.45	0.632	0.525	0.275625	0.0264	96		
30.67	0.599	0.745	0.555025	-0.0066	4.356E-05		
29.14	0.599	-0.785	0.616225	-0.0066	4.356E-05		
29.95	0.599	0.025	0.000625	-0.0066	4.356E-05		
29.33	0.599	-0.595	0.354025	-0.0066	4.356E-05		
29.5	0.599	-0.425	0.180625	-0.0066	4.356E-05		
30.41	0.599	0.485	0.235225	-0.0066	4.356E-05		
		-		-			
29.92	0.605	7.10543		1.55431E	0.001742		
	5	6	3.32245	-15	4		
		E-15	0.1921356				
			58		0.0044		
		s - s					
		rata-	(s - s rata-	t - t rata-	(t - t rata-	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$
s (cm)	t (s)	rata	rata) <sup>2</sup>	rata	rata) <sup>2</sup>		
34.74	0.766	-0.285	0.081225	0.0237	0.00056169	0.219121	47.18443
35.45	0.732	0.425	0.180625	-0.0103	0.00010609		
34.64	0.766	-0.385	0.148225	0.0237	0.00056169		
34.96	0.699	-0.065	0.004225	-0.0433	0.00187489		
35.14	0.732	0.115	0.013225	-0.0103	0.00010609		
34.46	0.766	-0.565	0.319225	0.0237	0.00056169		
35.27	0.732	0.245	0.060025	-0.0103	0.00010609		
35.13	0.732	0.105	0.011025	-0.0103	0.00010609		
34.37	0.766	-0.655	0.429025	0.0237	0.00056169		
36.09	0.732	1.065	1.134225	-0.0103	0.00010609		
				-			
		2.84E-		7.77156E-			
35.025	0.7423	14	2.38105	16	0.0046521		
			0.162653346		0.007189576		
		s - s rata-	(s - s rata-	t - t rata-	(t - t rata-	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$
s (cm)	t (s)	rata	rata) <sup>2</sup>	rata	rata) <sup>2</sup>		
40.71	0.799	0.521	0.271441	-0.0233	0.00054289	0.116256	48.87389
40.4	0.799	0.211	0.044521	-0.0233	0.00054289		
40.04	0.832	-0.149	0.022201	0.0097	9.409E-05		
39.69	0.832	-0.499	0.249001	0.0097	9.409E-05		
39.87	0.867	-0.319	0.101761	0.0447	0.00199809		
40.5	0.799	0.311	0.096721	-0.0233	0.00054289		



40.09	0.832	-0.099	0.009801	0.0097	9.409E-05
40.09	0.832	-0.099	0.009801	0.0097	9.409E-05
40.32	0.832	0.131	0.017161	0.0097	9.409E-05
40.18	0.799	-0.009	8.1E-05	-0.0233	0.00054289
				7.77156E-	
40.189	0.8223	0	0.82249	16	0.0046401
			0.095596955		0.007180297

s (cm)	t (s)	s - s rata- rata	(s - s rata- rata) <sup>2</sup>	t - t rata- rata	(t - t rata- rata) <sup>2</sup>	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$
45.62	0.967	0.646	0.417316	0.0256	0.00065536	0.150476	47.77353
45.5	0.965	0.526	0.276676	0.0236	0.00055696		
		-					
44.96	0.931	0.014	0.000196	-0.0104	0.00010816		
		-					
44.91	0.931	0.064	0.004096	-0.0104	0.00010816		
		-					
44.33	0.931	0.644	0.414736	-0.0104	0.00010816		
		-					
44.37	0.931	0.604	0.364816	-0.0104	0.00010816		
		-					
44.91	0.931	0.064	0.004096	-0.0104	0.00010816		
45.5	0.931	0.526	0.276676	-0.0104	0.00010816		
		-					
44.82	0.931	0.154	0.023716	-0.0104	0.00010816		
		-					
44.82	0.965	0.154	0.023716	0.0236	0.00055696		
		-5E-		1.11022E-			
44.974	0.9414	14	1.80604	16	0.0025264		
			0.141658431		0.005298218		

s (cm)	t (s)	s - s rata-rata	(s - s rata- rata) <sup>2</sup>	t - t rata- rata	(t - t rata- rata) <sup>2</sup>	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$
					0.0006553	0.0848	47.671
49.55	1.067	-0.095	0.009025	0.0256	6	1	4
					0.0001081		
49.28	1.031	-0.365	0.133225	-0.0104	6		
					0.0001081		
49.51	1.031	-0.135	0.018225	-0.0104	6		
					0.0001081		
49.87	1.031	0.225	0.050625	-0.0104	6		
					0.0001081		
49.37	1.031	-0.275	0.075625	-0.0104	6		
					0.0001081		
49.73	1.031	0.085	0.007225	-0.0104	6		

					0.0001081
49.77	1.031	0.125	0.015625	-0.0104	6
					0.0001081
49.37	1.031	-0.275	0.075625	-0.0104	6
					0.0005569
50.18	1.065	0.535	0.286225	0.0236	6
					0.0005569
49.82	1.065	0.175	0.030625	0.0236	6
49.64	1.041	2.84217		4.44089	
5	4	E-14	0.70205	E-16	0.0025264
			0.0883207		0.0052982
			54		18

Lampiran 10. Hasil ralat pengamatan waktu t (s) GLBB sensor

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.4307	0.00062	3.844E-07	0.002924	99.99708
2	0.4261	-0.00398	1.58404E-05		100.00%
3	0.4323	0.00222	4.9284E-06		
4	0.4333	0.00322	1.03684E-05		
5	0.4254	-0.00468	2.19024E-05		
6	0.4335	0.00342	1.16964E-05		
7	0.4323	0.00222	4.9284E-06		
8	0.4275	-0.00258	6.6564E-06		
9	0.4296	-0.00048	2.304E-07		
10	0.4301	2E-05	4E-10		
n=10	0.43008		7.6936E-05		
Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.5406	0.00978	9.56484E-05	0.01577	99.98423
2	0.5167	-0.01412	0.000199374		99.98%
3	0.5427	0.01188	0.000141134		
4	0.5355	0.00468	2.19024E-05		
5	0.5238	-0.00702	4.92804E-05		
6	0.5272	-0.00362	1.31044E-05		
7	0.5442	0.01338	0.000179024		
8	0.4946	-0.03622	0.001311888		
9	0.5421	0.01128	0.000127238		
10	0.5408	0.00998	9.96004E-05		
n=10	0.53082		0.002238196		
Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.5861	0.0048	2.304E-05	0.006142	99.99386
2	0.5894	0.0081	6.561E-05		99.99%
3	0.5881	0.0068	4.624E-05		
4	0.5758	-0.0055	3.025E-05		
5	0.5822	0.0009	8.1E-07		
6	0.5761	-0.0052	2.704E-05		
7	0.5861	0.0048	2.304E-05		
8	0.5774	-0.0039	1.521E-05		
9	0.5709	-0.0104	0.00010816		
10	0.5809	-0.0004	1.6E-07		
n=10	0.5813		0.00033956		
Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.6338	0.00245	6.0025E-06	0.012925	99.98707

	2	0.6255	-0.00585	3.42225E-05		99.99%
	3	0.6238	-0.00755	5.70025E-05		
	4	0.6351	0.00375	1.40625E-05		
	5	0.6437	0.01235	0.000152522		
	6	0.6506	0.01925	0.000370562		
	7	0.6471	0.01575	0.000248062		
	8	0.6149	-0.01645	0.000270603		
	9	0.6254	-0.00595	3.54025E-05		
	10	0.6136	-0.01775	0.000315063		
	n=10	0.63135		0.001503505		
		Nilai terukur	Deviasi			
Pengukuran ke-		(s)	(s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
	1	0.6841	-0.00387	1.49769E-05	0.027754	99.97225
	2	0.6794	-0.00857	7.34449E-05		99.97%
	3	0.7146	0.02663	0.000709157		
	4	0.7134	0.02543	0.000646685		
	5	0.6726	-0.01537	0.000236237		
	6	0.6818	-0.00617	3.80689E-05		
	7	0.7217	0.03373	0.001137713		
	8	0.6429	-0.04507	0.002031305		
	9	0.7164	0.02843	0.000808265		
	10	0.6528	-0.03517	0.001236929		
	n=10	0.68797		0.006932781		
		Nilai terukur	Deviasi			
Pengukuran ke-		(s)	(s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
	1	0.769	-0.00054	2.916E-07	0.003956	99.99604
	2	0.7717	0.00216	4.6656E-06		100.00%
	3	0.7708	0.00126	1.5876E-06		
	4	0.7689	-0.00064	4.096E-07		
	5	0.7716	0.00206	4.2436E-06		
	6	0.7681	-0.00144	2.0736E-06		
	7	0.7771	0.00756	5.71536E-05		
	8	0.7706	0.00106	1.1236E-06		
	9	0.7625	-0.00704	4.95616E-05		
	10	0.7651	-0.00444	1.97136E-05		
	n=10	0.76954		0.000140824		
		Nilai terukur	Deviasi			
Pengukuran ke-		(s)	(s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
	1	0.8463	0.01587	0.000251857	0.014812	99.98519
	2	0.8147	-0.01573	0.000247433		99.99%
	3	0.8277	-0.00273	7.4529E-06		
	4	0.8231	-0.00733	5.37289E-05		
	5	0.8612	0.03077	0.000946793		

6	0.8182	-0.01223	0.000149573		
7	0.8386	0.00817	6.67489E-05		
8	0.8162	-0.01423	0.000202493		
9	0.8244	-0.00603	3.63609E-05		
10	0.8339	0.00347	1.20409E-05		
n=10	0.83043		0.001974481		
	Nilai terukur	Deviasi			
Pengukuran ke-	(s)	(s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.8801	-0.00258	6.6564E-06	0.010338	99.98966
2	0.8753	-0.00738	5.44644E-05		99.99%
3	0.9087	0.02602	0.00067704		
4	0.8841	0.00142	2.0164E-06		
5	0.8891	0.00642	4.12164E-05		
6	0.8728	-0.00988	9.76144E-05		
7	0.8793	-0.00338	1.14244E-05		
8	0.8794	-0.00328	1.07584E-05		
9	0.8831	0.00042	1.764E-07		
10	0.8749	-0.00778	6.05284E-05		
n=10	0.88268		0.000961896		
	Nilai terukur	Deviasi			
Pengukuran ke-	(s)	(s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.9467	0.0127	0.00016129	0.00712	99.99288
2	0.9311	-0.0029	8.41E-06		99.99%
3	0.9407	0.0067	4.489E-05		
4	0.9355	0.0015	2.25E-06		
5	0.9235	-0.0105	0.00011025		
6	0.9325	-0.0015	2.25E-06		
7	0.9319	-0.0021	4.41E-06		
8	0.9266	-0.0074	5.476E-05		
9	0.9302	-0.0038	1.444E-05		
10	0.9413	0.0073	5.329E-05		
n=10	0.934		0.00045624		

Lampiran 11. Hasil ralat pengamatan waktu t GLBB *TRACKER*

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.333	-0.0534	0.00285156	0.030816	99.96918
2	0.366	-0.0204	0.00041616		99.97%
3	0.399	0.0126	0.00015876		
4	0.432	0.0456	0.00207936		
5	0.399	0.0126	0.00015876		
6	0.399	0.0126	0.00015876		
7	0.399	0.0126	0.00015876		
8	0.399	0.0126	0.00015876		
9	0.399	0.0126	0.00015876		
10	0.339	-0.0474	0.00224676		
n=10	0.3864		0.0085464		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.466	-0.033	0.001089	0.022	99.978
2	0.499	0	0		99.98%
3	0.499	0	0		
4	0.466	-0.033	0.001089		
5	0.499	0	0		
6	0.499	0	0		
7	0.532	0.033	0.001089		
8	0.499	0	0		
9	0.499	0	0		
10	0.532	0.033	0.001089		
n=10	0.499		0.004356		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.532	-0.0304	0.00092416	0.024757	99.97524
2	0.532	-0.0304	0.00092416		99.98%
3	0.566	0.0036	1.296E-05		
4	0.566	0.0036	1.296E-05		
5	0.599	0.0366	0.00133956		
6	0.599	0.0366	0.00133956		
7	0.566	0.0036	1.296E-05		
8	0.532	-0.0304	0.00092416		
9	0.566	0.0036	1.296E-05		
10	0.566	0.0036	1.296E-05		
n=10	0.5624		0.0055164		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.632	-0.0365	0.00133225	0.019086	99.98091
2	0.699	0.0305	0.00093025		99.98%
3	0.665	-0.0035	1.225E-05		
4	0.699	0.0305	0.00093025		
5	0.665	-0.0035	1.225E-05		
6	0.665	-0.0035	1.225E-05		
7	0.665	-0.0035	1.225E-05		
8	0.665	-0.0035	1.225E-05		
9	0.665	-0.0035	1.225E-05		
10	0.665	-0.0035	1.225E-05		
n=10	0.6685		0.0032785		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.765	-0.058	0.003364	0.054955	99.94505
2	0.865	0.042	0.001764		99.95%
3	0.799	-0.024	0.000576		
4	0.798	-0.025	0.000625		
5	0.899	0.076	0.005776		
6	0.799	-0.024	0.000576		
7	0.899	0.076	0.005776		
8	0.832	0.009	8.1E-05		
9	0.842	0.019	0.000361		
10	0.732	-0.091	0.008281		
n=10	0.823		0.02718		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.765	-0.0613	0.00375769	0.049614	99.95039
2	0.865	0.0387	0.00149769		99.95%
3	0.799	-0.0273	0.00074529		
4	0.798	-0.0283	0.00080089		
5	0.899	0.0727	0.00528529		
6	0.799	-0.0273	0.00074529		
7	0.899	0.0727	0.00528529		
8	0.832	0.0057	3.249E-05		
9	0.842	0.0157	0.00024649		
10	0.765	-0.0613	0.00375769		
n=10	0.8263		0.0221541		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
----------------	-------------------	-------------	-----------------	------------	------------

1	0.898	-0.0108	0.00011664	0.02721	99.97279
2	0.866	-0.0428	0.00183184		99.97%
3	0.899	-0.0098	9.604E-05		
4	0.932	0.0232	0.00053824		
5	0.932	0.0232	0.00053824		
6	0.932	0.0232	0.00053824		
7	0.899	-0.0098	9.604E-05		
8	0.932	0.0232	0.00053824		
9	0.866	-0.0428	0.00183184		
10	0.932	0.0232	0.00053824		
n=10	0.9088		0.0066636		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.968	0.0047	2.209E-05	0.01171	99.98829
2	0.965	0.0017	2.89E-06		99.99%
3	0.975	0.0117	0.00013689		
4	0.932	-0.0313	0.00097969		
5	0.968	0.0047	2.209E-05		
6	0.965	0.0017	2.89E-06		
7	0.965	0.0017	2.89E-06		
8	0.959	-0.0043	1.849E-05		
9	0.969	0.0057	3.249E-05		
10	0.967	0.0037	1.369E-05		
n=10	0.9633		0.0012341		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.972	-0.0159	0.00025281	0.007187	99.99281
2	0.991	0.0031	9.61E-06		99.99%
3	0.986	-0.0019	3.61E-06		
4	0.995	0.0071	5.041E-05		
5	0.982	-0.0059	3.481E-05		
6	0.988	1E-04	1E-08		
7	0.989	0.0011	1.21E-06		
8	0.998	0.0101	0.00010201		
9	0.987	-0.0009	8.1E-07		
10	0.991	0.0031	9.61E-06		
n=10	0.9879		0.0004649		



Lampiran 12. Hasil ralat pengamatan posisi GLBB *TRACKER*

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.09664	0.00028	7.84E-08	0.001812	99.998188
2	0.09808	0.00172	2.9584E-06		100.00%
3	0.09751	0.00115	1.3225E-06		
4	0.0975	0.00114	1.2996E-06		
5	0.09422	-0.00214	4.5796E-06		
6	0.09422	-0.00214	4.5796E-06		
7	0.09314	-0.00322	1.03684E-05		
8	0.0978	0.00144	2.0736E-06		
9	0.09784	0.00148	2.1904E-06		
10	0.09665	0.00029	8.41E-08		
n=10	0.09636		2.95346E-05		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.1518	0.00419	1.75561E-05	0.001805	99.9982
2	0.1471	-0.00051	2.601E-07		100.00%
3	0.1485	0.00089	7.921E-07		
4	0.1484	0.00079	6.241E-07		
5	0.1456	-0.00201	4.0401E-06		
6	0.1456	-0.00201	4.0401E-06		
7	0.1462	-0.00141	1.9881E-06		
8	0.1476	-1E-05	1E-10		
9	0.1476	-1E-05	1E-10		
10	0.1477	9E-05	8.1E-09		
n=10	0.14761		2.9309E-05		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.1982	0.0004	1.6E-07	0.001575	99.99843
2	0.1951	-0.0027	7.29E-06		100.00%
3	0.1998	0.002	4E-06		
4	0.1991	0.0013	1.69E-06		
5	0.1974	-0.0004	1.6E-07		
6	0.1974	-0.0004	1.6E-07		
7	0.1969	-0.0009	8.1E-07		
8	0.1996	0.0018	3.24E-06		
9	0.1958	-0.002	4E-06		
10	0.1987	0.0009	8.1E-07		
n=10	0.1978		0.00002232		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.2513	0.003	9E-06	0.001649	99.99835
2	0.2491	0.0008	6.4E-07		100.00%
3	0.247	-0.0013	1.69E-06		
4	0.2456	-0.0027	7.29E-06		
5	0.2492	0.0009	8.1E-07		
6	0.2492	0.0009	8.1E-07		
7	0.2491	0.0008	6.4E-07		
8	0.2485	0.0002	4E-08		
9	0.2473	-0.001	1E-06		
10	0.2467	-0.0016	2.56E-06		
n=10	0.2483		2.448E-05		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.2969	-0.00066	4.356E-07	0.001332	99.99867
2	0.2991	0.00154	2.3716E-06		100.00%
3	0.2956	-0.00196	3.8416E-06		
4	0.296	-0.00156	2.4336E-06		
5	0.2981	0.00054	2.916E-07		
6	0.2981	0.00054	2.916E-07		
7	0.2998	0.00224	5.0176E-06		
8	0.2981	0.00054	2.916E-07		
9	0.2966	-0.00096	9.216E-07		
10	0.2973	-0.00026	6.76E-08		
n=10	0.29756		1.5964E-05		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.3503	0.00284	8.0656E-06	0.001737	99.99826
2	0.3477	0.00024	5.76E-08		100.00%
3	0.3495	0.00204	4.1616E-06		
4	0.3468	-0.00066	4.356E-07		
5	0.3452	-0.00226	5.1076E-06		
6	0.3452	-0.00226	5.1076E-06		
7	0.349	0.00154	2.3716E-06		
8	0.3477	0.00024	5.76E-08		
9	0.347	-0.00046	2.116E-07		
10	0.3462	-0.00126	1.5876E-06		
n=10	0.34746		2.7164E-05		

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.4009	0.00247	6.1009E-06	0.001357	99.99864

2	0.3982	-0.00023	5.29E-08	100.00%
3	0.3971	-0.00133	1.7689E-06	
4	0.4	0.00157	2.4649E-06	
5	0.3979	-0.00053	2.809E-07	
6	0.3979	-0.00053	2.809E-07	
7	0.3988	0.00037	1.369E-07	
8	0.3982	-0.00023	5.29E-08	
9	0.3991	0.00067	4.489E-07	
10	0.3962	-0.00223	4.9729E-06	
n=10	0.39843		0.000016561	

Pengukuran ke-	Nilai terukur (s)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.4451	-0.00235	5.5225E-06	0.002312	99.99769
2	0.4466	-0.00085	7.225E-07		100.00%
3	0.4487	0.00125	1.5625E-06		
4	0.4489	0.00145	2.1025E-06		
5	0.45	0.00255	6.5025E-06		
6	0.45	0.00255	6.5025E-06		
7	0.4491	0.00165	2.7225E-06		
8	0.4477	0.00025	6.25E-08		
9	0.445	-0.00245	6.0025E-06		
10	0.4434	-0.00405	1.64025E-05		
n=10	0.44745		0.000048105		

Pengukuran ke-	Nilai terukur s(m)	Deviasi (s)	Kuadrat deviasi	$\Delta x$	Ketelitian
1	0.4953	-0.00158	2.4964E-06	0.002113	99.99789
2	0.4955	-0.00138	1.9044E-06		100.00%
3	0.4966	-0.00028	7.84E-08		
4	0.4998	0.00292	8.5264E-06		
5	0.4943	-0.00258	6.6564E-06		
6	0.4943	-0.00258	6.6564E-06		
7	0.5001	0.00322	1.03684E-05		
8	0.4987	0.00182	3.3124E-06		
9	0.4973	0.00042	1.764E-07		
10	0.4969	2E-05	4E-10		
n=10	0.49688		4.0176E-05		

Lampiran 13. Hasil ralat perambatan GLBB sensor

s (cm)	$\Delta s$	t (s)	$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	(t - t rata-rata) <sup>2</sup>	$\bar{s}_v$
10	0.5	0.4307	23.25149	0.00062	3.844E-07	0.77666
		0.4261		-0.00398	1.58404E-05	
		0.4323		0.00222	4.9284E-06	
		0.4333		0.00322	1.03684E-05	
		0.4254		-0.00468	2.19024E-05	
		0.4335		0.00342	1.16964E-05	
		0.4323		0.00222	4.9284E-06	
		0.4275		-0.00258	6.6564E-06	
		0.4296		-0.00048	2.304E-07	
		0.4301		2E-05	4E-10	
	8				7.6936E-05	
					0.000924578	
s (cm)	$\Delta s$	t (s)	$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	(t - t rata-rata) <sup>2</sup>	$\bar{s}_v$
15	0.5	0.5406	28.25817	0.00978	9.56484E-05	0.68177
		0.5167		-0.01412	0.000199374	
		0.5427		0.01188	0.000141134	
		0.5355		0.00468	2.19024E-05	
		0.5238		-0.00702	4.92804E-05	
		0.5272		-0.00362	1.31044E-05	
		0.5442		0.01338	0.000179024	
		0.4946		-0.03622	0.001311888	
		0.5421		0.01128	0.000127238	
		0.5408		0.00998	9.96004E-05	
	0.53082				0.002238196	
					0.004986867	
s (cm)	$\Delta s$	t (s)	$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	(t - t rata-rata) <sup>2</sup>	$\bar{s}_v$
20	0.5	0.5861	34.40564	0.0048	2.3E-05	0.584838
		0.5894		0.0081	6.56E-05	
		0.5881		0.0068	4.62E-05	
		0.5758		-0.0055	3.02E-05	
		0.5822		0.0009	8.1E-07	
		0.5761		-0.0052	2.7E-05	
		0.5861		0.0048	2.3E-05	
		0.5774		-0.0039	1.52E-05	

			0.5709		-0.0104	0.000108	
			0.5809		-0.0004	1.6E-07	
			0.5813			0.00034	
						0.001942	
				$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	(t - t rata-rata) <sup>2</sup>	$\bar{s}_v$
s (cm)	$\Delta s$	t (s)					
25	0.5	0.6338	39.59769	0.00245	6.0025E-06	0.586912	
		0.6255		-0.00585	3.42225E-05		
		0.6238		-0.00755	5.70025E-05		
		0.6351		0.00375	1.40625E-05		
		0.6437		0.01235	0.000152522		
		0.6506		0.01925	0.000370562		
		0.6471		0.01575	0.000248062		
		0.6149		-0.01645	0.000270603		
		0.6254		-0.00595	3.54025E-05		
		0.6136		-0.01775	0.000315063		
		0.63135			0.001503505		
					0.00408725		
				$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	(t - t rata-rata) <sup>2</sup>	$\bar{s}_v$
s (cm)	$\Delta s$	t (s)					
30	0.5	0.6841	43.60655	-0.00387	1.49769E-05	0.737723	
		0.6794		-0.00857	7.34449E-05		
		0.7146		0.02663	0.000709157		
		0.7134		0.02543	0.000646685		
		0.6726		-0.01537	0.000236237		
		0.6818		-0.00617	3.80689E-05		
		0.7217		0.03373	0.001137713		
		0.6429		-0.04507	0.002031305		
		0.7164		0.02843	0.000808265		
		0.6528		-0.03517	0.001236929		
		0.68797			0.006932781		
					0.008776725		
				$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	(t - t rata-rata) <sup>2</sup>	$\bar{s}_v$
s (cm)	$\Delta s$	t (s)					
35	0.5	0.769	45.48172	-0.00054	2.916E-07	0.439423	
		0.7717		0.00216	4.6656E-06		
		0.7708		0.00126	1.5876E-06		
		0.7689		-0.00064	4.096E-07		
		0.7716		0.00206	4.2436E-06		
		0.7681		-0.00144	2.0736E-06		

			0.7771		0.00756	5.71536E-05	
			0.7706		0.00106	1.1236E-06	
			0.7625		-0.00704	4.95616E-05	
			0.7651		-0.00444	1.97136E-05	
			0.76954			0.000140824	
						0.001250884	
				$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	$(t - t \text{ rata-rata})^2$	$\bar{s}_v$
s (cm)	$\Delta s$	t (s)					
40	0.5	0.8463	48.16782	0.01587	0.000251857	0.484697	
		0.8147		-0.01573	0.000247433		
		0.8277		-0.00273	7.4529E-06		
		0.8231		-0.00733	5.37289E-05		
		0.8612		0.03077	0.000946793		
		0.8182		-0.01223	0.000149573		
		0.8386		0.00817	6.67489E-05		
		0.8162		-0.01423	0.000202493		
		0.8244		-0.00603	3.63609E-05		
		0.8339		0.00347	1.20409E-05		
		0.83043			0.001974481		
					0.004683874		
				$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	$(t - t \text{ rata-rata})^2$	$\bar{s}_v$
s (cm)	$\Delta s$	t (s)					
45	0.5	0.8801	50.9811	-0.00258	6.6564E-06	0.422213	
		0.8753		-0.00738	5.44644E-05		
		0.9087		0.02602	0.00067704		
		0.8841		0.00142	2.0164E-06		
		0.8891		0.00642	4.12164E-05		
		0.8728		-0.00988	9.76144E-05		
		0.8793		-0.00338	1.14244E-05		
		0.8794		-0.00328	1.07584E-05		
		0.8831		0.00042	1.764E-07		
		0.8749		-0.00778	6.05284E-05		
		0.88268			0.000961896		
					0.00326921		
				$\bar{v}$	$t - \bar{t}$	$(t - t \text{ rata-rata})^2$	$\bar{s}_v$
s (cm)	$\Delta s$	t (s)					
50	0.5	0.9467	53.53319	0.0127	0.00016129	0.379503	
		0.9311		-0.0029	8.41E-06		
		0.9407		0.0067	4.489E-05		
		0.9355		0.0015	2.25E-06		

0.9235	-0.0105	0.00011025
0.9325	-0.0015	2.25E-06
0.9319	-0.0021	4.41E-06
0.9266	-0.0074	5.476E-05
0.9302	-0.0038	1.444E-05
0.9413	0.0073	5.329E-05
0.934		0.00045624
		0.002251518

Lampiran 14. Hasil ralat perambatan GLBB *TRACKER*

s (cm)	t (s)	s - s rata-rata	(s - s rata-rata) <sup>2</sup>	t - t rata-rata	(t - t rata-rata) <sup>2</sup>	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$		
9.664	0.333	0.028	0.000784	-0.0534	0.00285156	0.148254	24.93789		
9.808	0.366	0.172	0.029584	-0.0204	0.00041616				
9.751	0.399	0.115	0.013225	0.0126	0.00015876				
9.75	0.432	0.114	0.012996	0.0456	0.00207936				
9.422	0.399	-0.214	0.045796	0.0126	0.00015876				
9.422	0.399	-0.214	0.045796	0.0126	0.00015876				
9.314	0.399	-0.322	0.103684	0.0126	0.00015876				
9.78	0.399	0.144	0.020736	0.0126	0.00015876				
9.784	0.399	0.148	0.021904	0.0126	0.00015876				
9.665	0.339	0.029	0.000841	-0.0474	0.00224676				
-	-	-	-	-	-			-	-
9.636	0.3864	1.06581E-14	0.295346	5.55112E-17	0.0085464			-	-
-	-	-	0.057285445	-	0.009744742			-	-
s (cm)	t (s)	s - s rata-rata	(s - s rata-rata) <sup>2</sup>	t - t rata-rata	(t - t rata-rata) <sup>2</sup>			$\bar{S}_v$	$\bar{v}$
15.18	0.466	0.419	0.175561	-0.033	0.001089	0.114361	29.58116		
14.71	0.499	-0.051	0.002601	0	0				
14.85	0.499	0.089	0.007921	0	0				
14.84	0.466	0.079	0.006241	-0.033	0.001089				
14.56	0.499	-0.201	0.040401	0	0				
14.56	0.499	-0.201	0.040401	0	0				
14.62	0.532	-0.141	0.019881	0.033	0.001089				
14.76	0.499	-0.001	1E-06	0	0				
14.76	0.499	-0.001	1E-06	0	0				
14.77	0.532	0.009	8.1E-05	0.033	0.001089				
-	-	-	-	-	-			-	-
14.761	0.499	1.06581E-14	0.29309	1.11022E-16	0.004356			-	-
-	-	-	0.057066238	-	0.006957011			-	-
s (cm)	t (s)	s - s rata-rata	(s - s rata-rata) <sup>2</sup>	t - t rata-rata	(t - t rata-rata) <sup>2</sup>			$\bar{S}_v$	$\bar{v}$
19.82	0.532	0.04	0.0016	-0.0304	0.00092416	0.088548	35.1707		
19.51	0.532	-0.27	0.0729	-0.0304	0.00092416				
19.98	0.566	0.2	0.04	0.0036	1.296E-05				
19.91	0.566	0.13	0.0169	0.0036	1.296E-05				
19.74	0.599	-0.04	0.0016	0.0366	0.00133956				
19.74	0.599	-0.04	0.0016	0.0366	0.00133956				
19.69	0.566	-0.09	0.0081	0.0036	1.296E-05				
19.96	0.532	0.18	0.0324	-0.0304	0.00092416				
19.58	0.566	-0.2	0.04	0.0036	1.296E-05				
19.87	0.566	0.09	0.0081	0.0036	1.296E-05				



s (cm)	t (s)	s - s rata-rata	(s - s rata-rata) <sup>2</sup>	t - t rata-rata	(t - t rata-rata) <sup>2</sup>	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$
19.78	0.5624	-1.8E-14		0.2232		0.0055164	
			0.049799598			0.007829006	
25.13	0.632	0.3	0.09	-0.0365	0.00133225	0.078016	37.14286
24.91	0.699	0.08	0.0064	0.0305	0.00093025		
24.7	0.665	-0.13	0.0169	-0.0035	1.225E-05		
24.56	0.699	-0.27	0.0729	0.0305	0.00093025		
24.92	0.665	0.09	0.0081	-0.0035	1.225E-05		
24.92	0.665	0.09	0.0081	-0.0035	1.225E-05		
24.91	0.665	0.08	0.0064	-0.0035	1.225E-05		
24.85	0.665	0.02	0.0004	-0.0035	1.225E-05		
24.73	0.665	-0.1	0.01	-0.0035	1.225E-05		
24.67	0.665	-0.16	0.0256	-0.0035	1.225E-05		
		-7.1E-		-7.77156E-			
24.83	0.6685	15	0.2448	16	0.0032785		
			0.052153619		0.006035543		
s (cm)	t (s)	s - s rata-rata	(s - s rata-rata) <sup>2</sup>	t - t rata-rata	(t - t rata-rata) <sup>2</sup>	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$
29.69	0.699	-0.066	0.004356	-0.0396	0.00156816	0.057022	40.28703
29.91	0.798	0.154	0.023716	0.0594	0.00352836		
29.56	0.765	-0.196	0.038416	0.0264	0.00069696		
29.6	0.732	-0.156	0.024336	-0.0066	4.356E-05		
29.81	0.732	0.054	0.002916	-0.0066	4.356E-05		
29.81	0.732	0.054	0.002916	-0.0066	4.356E-05		
29.98	0.732	0.224	0.050176	-0.0066	4.356E-05		
29.81	0.732	0.054	0.002916	-0.0066	4.356E-05		
29.66	0.732	-0.096	0.009216	-0.0066	4.356E-05		
29.73	0.732	-0.026	0.000676	-0.0066	4.356E-05		
29.756	0.7386	14	0.15964	15	0.0060984		
			0.042116241		0.008231646		

s (cm)	t (s)	s - s rata- rata	(s - s rata- rata) <sup>2</sup>	t - t rata- rata	(t - t rata- rata) <sup>2</sup>	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$		
35.03	0.765	0.284	0.080656	-0.0613	0.00375769	0.066487	42.0501		
34.77	0.865	0.024	0.000576	0.0387	0.00149769				
34.95	0.799	0.204	0.041616	-0.0273	0.00074529				
34.68	0.798	-0.066	0.004356	-0.0283	0.00080089				
34.52	0.899	-0.226	0.051076	0.0727	0.00528529				
34.52	0.799	-0.226	0.051076	-0.0273	0.00074529				
34.9	0.899	0.154	0.023716	0.0727	0.00528529				
34.77	0.832	0.024	0.000576	0.0057	3.249E-05				
34.7	0.842	-0.046	0.002116	0.0157	0.00024649				
34.62	0.765	-0.126	0.015876	-0.0613	0.00375769				
				-					
		-2.13163E-		2.22045E-					
34.746	0.8263	14	0.27164	16	0.0221541				
			0.054938349		0.015689381				

s (cm)	t (s)	s - s rata- rata	(s - s rata- rata) <sup>2</sup>	t - t rata- rata	(t - t rata- rata) <sup>2</sup>	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$		
40.09	0.898	0.247	0.061009	-0.0108	0.00011664	0.047201	43.84133		
39.82	0.866	-0.023	0.000529	-0.0428	0.00183184				
39.71	0.899	-0.133	0.017689	-0.0098	9.604E-05				
40	0.932	0.157	0.024649	0.0232	0.00053824				
39.79	0.932	-0.053	0.002809	0.0232	0.00053824				
39.79	0.932	-0.053	0.002809	0.0232	0.00053824				
39.88	0.899	0.037	0.001369	-0.0098	9.604E-05				
39.82	0.932	-0.023	0.000529	0.0232	0.00053824				
39.91	0.866	0.067	0.004489	-0.0428	0.00183184				
39.62	0.932	-0.223	0.049729	0.0232	0.00053824				
				-					
		4.26326E-		2.2204E-					
39.843	0.9088	14	0.16561	16	0.0066636				
			0.042896516		0.00860465				

s (cm)	t (s)	s - s rata- rata	(s - s rata- rata) <sup>2</sup>	t - t rata- rata	(t - t rata- rata) <sup>2</sup>	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$
44.51	0.968	-0.235	0.055225	0.0017	2.89E-06	0.075659	46.3055
44.66	0.965	-0.085	0.007225	-0.0013	1.69E-06		
44.87	0.975	0.125	0.015625	0.0087	7.569E-05		
44.89	0.962	0.145	0.021025	-0.0043	1.849E-05		
45	0.968	0.255	0.065025	0.0017	2.89E-06		
45	0.965	0.255	0.065025	-0.0013	1.69E-06		
44.91	0.965	0.165	0.027225	-0.0013	1.69E-06		
44.77	0.959	0.025	0.000625	-0.0073	5.329E-05		
44.5	0.969	-0.245	0.060025	0.0027	7.29E-06		

44.34	0.967	-0.405	0.164025	0.0007	4.9E-07
		-		-	
		5.68434E-		7.77156E-	
44.745	0.9663	14	0.48105	16	0.0001661
			0.073109507		0.001358512

s (cm)	t (s)	s - s rata- rata	(s - s rata- rata) <sup>2</sup>	t - t rata- rata	(t - t rata- rata) <sup>2</sup>	$\bar{S}_v$	$\bar{v}$
49.53	0.972	-0.158	0.024964	-0.0159	0.00025281	0.067632	50.29659
49.55	0.991	-0.138	0.019044	0.0031	9.61E-06		
49.66	0.986	-0.028	0.000784	-0.0019	3.61E-06		
49.98	0.995	0.292	0.085264	0.0071	5.041E-05		
49.43	0.982	-0.258	0.066564	-0.0059	3.481E-05		
49.43	0.988	-0.258	0.066564	1E-04	1E-08		
50.01	0.989	0.322	0.103684	0.0011	1.21E-06		
49.87	0.998	0.182	0.033124	0.0101	0.00010201		
49.73	0.987	0.042	0.001764	-0.0009	8.1E-07		
49.69	0.991	0.002	4E-06	0.0031	9.61E-06		
		-2.8E-		-1.11022E-			
49.688	0.9879	14	0.40176	16	0.0004649		
			0.066813172		0.002272786		

Lampiran 15. Hasil uji *T Test Independent* GLB

NEW FILE.

DATASET NAME DataSet1 WINDOW=FRONT.

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)

/MISSING=ANALYSIS

/VARIABLES=Hasil

/CRITERIA=CI(.95).

**T-Test**

<b>Notes</b>		
Output Created		14-AUG-2022 13:39:01
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).
Resources	Processor Time	00:00:00.03
	Elapsed Time	00:00:00.03

[DataSet1]

**Group Statistics**

Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
------	---	------	----------------	-----------------

Hasil analisis data	Sensor	10	.4297	.00277	.00088
	Tracker	10	.4057	.01386	.00438

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	9.802	.006	5.363	18	
	Equal variances not assumed			5.363	9.716	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.000	.02398	.00447	
	Equal variances not assumed	.000	.02398	.00447	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.01459	.03337
	Equal variances not assumed	.01398	.03398

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

### T-Test

#### Notes

Output Created	14-AUG-2022 13:39:44
Comments	

Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax	T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).	
Resources	Processor Time	00:00:00.00
	Elapsed Time	00:00:00.06

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.5292	.00581	.00184
	Tracker	10	.5057	.01413	.00447

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	4.247	.054	4.874	18	
	Equal variances not assumed			4.874	11.955	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.000	.02354	.00483	
	Equal variances not assumed	.000	.02354	.00483	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.01339	.03369
	Equal variances not assumed	.01301	.03407

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

### T-Test

#### Notes

Output Created	14-AUG-2022 13:40:27	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.

Syntax	T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).	
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.02

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.6299	.00300	.00095
	Tracker	10	.6056	.01391	.00440

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	8.857	.008	5.392	18	
	Equal variances not assumed			5.392	9.834	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.000	.02427	.00450	
	Equal variances not assumed	.000	.02427	.00450	

### Independent Samples Test

t-test for Equality of Means	
95% Confidence Interval of the Difference	
Lower	Upper



Hasil analisis data	Equal variances assumed	.01481	.03373
	Equal variances not assumed	.01422	.03432

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95)

## T-Test

Notes		
Output Created		14-AUG-2022 13:41:09
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.03

## Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.7301	.00292	.00092
	Tracker	10	.7423	.02274	.00719

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	23.537	.000	-1.687	18	
	Equal variances not assumed			-1.687	9.298	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.109	-.01223	.00725	
	Equal variances not assumed	.125	-.01223	.00725	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	-.02746	.00300
	Equal variances not assumed	-.02855	.00409

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

### T-Test

#### Notes

Output Created	14-AUG-2022 13:42:23	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>

	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.02

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.8406	.00173	.00055
	Tracker	10	.8223	.02271	.00718

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	22.436	.000	2.544	18	
	Equal variances not assumed			2.544	9.104	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means
		Sig. (2-tailed)

			Mean Difference	Std. Error Difference	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.020	.01832	.00720	
	Equal variances not assumed	.031	.01832	.00720	

### Independent Samples Test

t-test for Equality of Means  
95% Confidence Interval of the  
Difference

		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.00319	.03345
	Equal variances not assumed	.00206	.03458

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
/MISSING=ANALYSIS  
/VARIABLES=Hasil  
/CRITERIA=CI(.95).

### T-Test

#### Notes

Output Created		14-AUG-2022 13:43:15
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.

Syntax	T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).	
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.03

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.9930	.00496	.00157
	Tracker	10	.9414	.01675	.00530

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	21.418	.000	9.332	18	
	Equal variances not assumed			9.332	10.568	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.000	.05157	.00553	
	Equal variances not assumed	.000	.05157	.00553	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.03996	.06318

Equal variances not assumed	.03935	.06379
-----------------------------	--------	--------

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

## T-Test

### Notes

Output Created	14-AUG-2022 13:44:09	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax	T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).	
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.03

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	1.0880	.03872	.01225
	Tracker	10	1.0414	.01675	.00530

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	4.376	.051	3.493	18	
	Equal variances not assumed			3.493	12.255	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.003	.04660	.01334	
	Equal variances not assumed	.004	.04660	.01334	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.01857	.07463
	Equal variances not assumed	.01760	.07560

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

### T-Test

#### Notes

Output Created	14-AUG-2022 13:45:55
Comments	

Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	14
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.02

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	7	46.7943	1.09900	.41538
	Tracker	7	48.3529	.81041	.30630

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	
		Hasil analisis data	Equal variances assumed	1.039	.328	
	Equal variances not assumed			-3.020	11.036	



### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.011	-1.55857	.51611	
	Equal variances not assumed	.012	-1.55857	.51611	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	-2.68307	-.43407
	Equal variances not assumed	-2.69406	-.42308

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

### T-Test

#### Notes

Output Created	14-AUG-2022 14:12:28	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.

Syntax	T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).	
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.05

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.7201	.00292	.00092
	Tracker	10	.7423	.02274	.00719

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	t	df	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	23.537	.000	-3.067	18	
	Equal variances not assumed			-3.067	9.298	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means			
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.007	-.02223	.00725	
	Equal variances not assumed	.013	-.02223	.00725	

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	-.03746	-.00700

Equal variances not assumed	-.03855	-.00591
-----------------------------	---------	---------

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

## T-Test

Notes		
Output Created		14-AUG-2022 14:19:49
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	14
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.02

## Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	7	46.8900	1.23604	.46718
	Tracker	7	48.3529	.81041	.30630

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
		F	Sig.	T	df	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	1.379	.263	-2.619	12	
	Equal variances not assumed			-2.619	10.354	

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means			
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.022	-1.46286	.55864	
	Equal variances not assumed	.025	-1.46286	.55864	

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means 95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	-2.68003	-.24568
	Equal variances not assumed	-2.70184	-.22387

Lampiran 16. Hasil uji *T Test Independent GLBB*

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95)

**T-Test**

<b>Notes</b>		
Output Created		14-AUG-2022 23:37:20
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).
Resources	Processor Time	00:00:00.03
	Elapsed Time	00:00:00.02

**Group Statistics**

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.4301	.00292	.00092
	Tracker	10	.3864	.03082	.00974

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	df
Hasil analisis data	Equal variances assumed	16.025	.001	4.462	18
	Equal variances not assumed			4.462	9.162

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.000	.04368	.00979
	Equal variances not assumed	.002	.04368	.00979

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.02312	.06424
	Equal variances not assumed	.02160	.06576

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

**T-Test****Notes**

Output Created	14-AUG-2022 23:38:03	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>

	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.06

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.5308	.01577	.00499
	Tracker	10	.4990	.02200	.00696

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	Df
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.027	.871	3.717	18
	Equal variances not assumed			3.717	16.317

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.002	.03182	.00856

Equal variances not assumed	.002	.03182	.00856
-----------------------------	------	--------	--------

### Independent Samples Test

t-test for Equality of Means  
95% Confidence Interval of the  
Difference

		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.01384	.04980
	Equal variances not assumed	.01370	.04994

```
T-TEST GROUPS=Alat(1 2)
/MISSING=ANALYSIS
/VARIABLES=Hasil
/CRITERIA=CI(.95).
```

### T-Test

#### Notes

Output Created	14-AUG-2022 23:38:44	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax	T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).	
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.01



### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.5813	.00614	.00194
	Tracker	10	.5624	.02476	.00783

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	Df
Hasil analisis data	Equal variances assumed	6.864	.017	2.343	18
	Equal variances not assumed			2.343	10.104

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.031	.01890	.00807
	Equal variances not assumed	.041	.01890	.00807

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.00195	.03585
	Equal variances not assumed	.00095	.03685

```
T-TEST GROUPS=Alat(1 2)
/MISSING=ANALYSIS
/VARIABLES=Hasil
/CRITERIA=CI(.95).
```

## T-Test

### Notes

Output Created	14-AUG-2022 23:39:21	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax	T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).	
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.06

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.6314	.01293	.00409
	Tracker	10	.6685	.01909	.00604

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	Df
		Hasil analisis data	Equal variances assumed	.093	.764

	Equal variances not assumed			-5.097	15.820
--	-----------------------------	--	--	--------	--------

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.000	-.03715	.00729
	Equal variances not assumed	.000	-.03715	.00729

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	-.05246	-.02184
	Equal variances not assumed	-.05262	-.02168

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

## T-Test

### Notes

Output Created	14-AUG-2022 23:40:06	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.

Cases Used		Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax		T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.02

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.6880	.02775	.00878
	Tracker	10	.7386	.02603	.00823

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	Df
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.597	.450	-4.208	18
	Equal variances not assumed			-4.208	17.927

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.001	-.05063	.01203
	Equal variances not assumed	.001	-.05063	.01203

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	-.07591	-.02535
	Equal variances not assumed	-.07592	-.02534

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

### T-Test

#### Notes

Output Created	14-AUG-2022 23:40:38	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax	T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).	
Resources	Processor Time	00:00:00.00
	Elapsed Time	00:00:00.07

**Group Statistics**

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.7695	.00396	.00125
	Tracker	10	.8263	.04961	.01569

**Independent Samples Test**

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	Df
Hasil analisis data	Equal variances assumed	24.775	.000	-3.606	18
	Equal variances not assumed			-3.606	9.114

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.002	-.05676	.01574
	Equal variances not assumed	.006	-.05676	.01574

**Independent Samples Test**

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	-.08983	-.02369
	Equal variances not assumed	-.09230	-.02122

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

## T-Test

### Notes

Output Created	14-AUG-2022 23:41:12	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax	T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).	
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.02

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.8304	.01481	.00468
	Tracker	10	.9088	.02721	.00860

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	Df
		Hasil analisis data	Equal variances assumed	6.322	.022
	Equal variances not assumed			-7.999	13.903

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.000	-.07837	.00980
	Equal variances not assumed	.000	-.07837	.00980

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	-.09895	-.05779
	Equal variances not assumed	-.09940	-.05734

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).



## T-Test

### Notes

Output Created	14-AUG-2022 23:42:48	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax	T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).	
Resources	Processor Time	00:00:00.03
	Elapsed Time	00:00:00.03

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.8827	.01034	.00327
	Tracker	10	.9663	.00430	.00136

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	Df
		Hasil analisis data	Equal variances assumed	2.260	.150
	Equal variances not assumed			-23.620	12.018

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.000	-.08362	.00354
	Equal variances not assumed	.000	-.08362	.00354

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	-.09106	-.07618
	Equal variances not assumed	-.09133	-.07591

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

## T-Test

### Notes

Output Created	14-AUG-2022 23:43:23	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	20
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax	T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).	
Resources	Processor Time	00:00:00.02
	Elapsed Time	00:00:00.03

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	10	.9340	.00712	.00225
	Tracker	10	.9879	.00719	.00227

### Independent Samples Test

Levene's Test for Equality of  
Variances

t-test for Equality of  
Means

		F	Sig.	t	Df
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.129	.723	-16.848	18
	Equal variances not assumed			-16.848	17.998

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.000	-.05390	.00320
	Equal variances not assumed	.000	-.05390	.00320

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	-.06062	-.04718
	Equal variances not assumed	-.06062	-.04718

T-TEST GROUPS=Alat(1 2)  
 /MISSING=ANALYSIS  
 /VARIABLES=Hasil  
 /CRITERIA=CI(.95).

## T-Test

### Notes

Output Created	14-AUG-2022 23:53:39	
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data File	18
Missing Value Handling	Definition of Missing	User defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on the cases with no missing or out-of-range data for any variable in the analysis.
Syntax	T-TEST GROUPS=Alat(1 2) /MISSING=ANALYSIS /VARIABLES=Hasil /CRITERIA=CI(.95).	
Resources	Processor Time	00:00:00.03
	Elapsed Time	00:00:00.02

### Group Statistics

	Alat	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil analisis data	Sensor	9	59.4233	2.23151	.74384
	Tracker	9	54.8511	6.01036	2.00345

### Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means	
		F	Sig.	t	Df
		Hasil analisis data	Equal variances assumed	8.609	.010
	Equal variances not assumed			2.139	10.164

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means		
		Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.048	4.57222	2.13708
	Equal variances not assumed	.058	4.57222	2.13708

### Independent Samples Test

		t-test for Equality of Means	
		95% Confidence Interval of the Difference	
		Lower	Upper
Hasil analisis data	Equal variances assumed	.04181	9.10263
	Equal variances not assumed	-.17907	9.32352

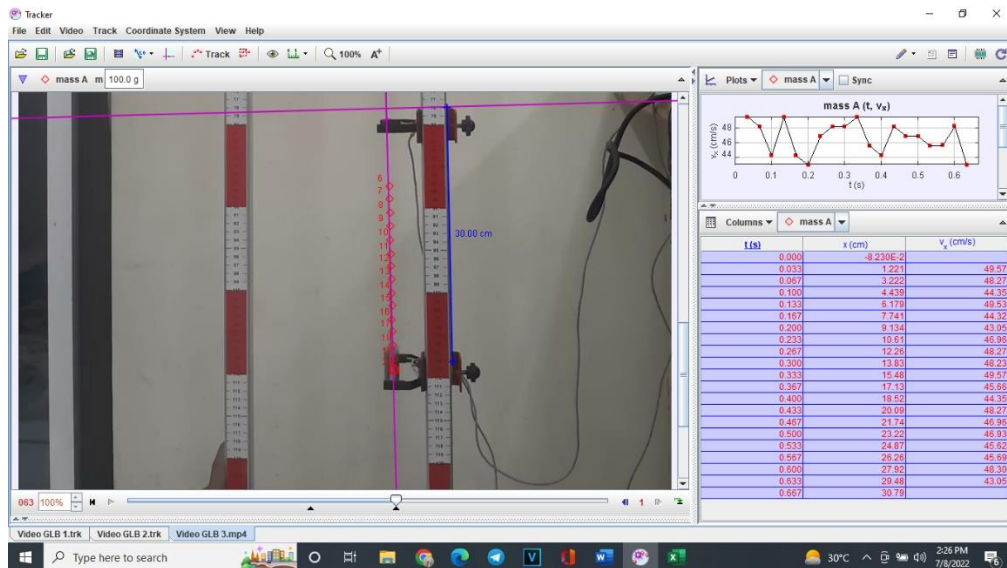
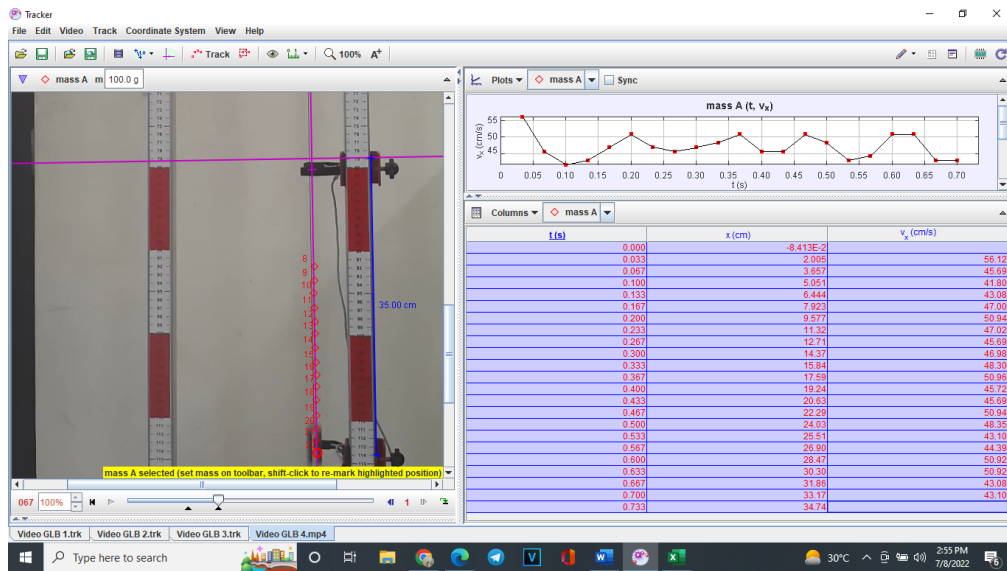
Lampiran 17. Dokumentasi kegiatan penelitian



Pengambilan data GLB



Pengambilan data GLBB



Pengolahan citra menggunakan *software TRACKER*



## Lampiran 18. Persetujuan usulan penelitian


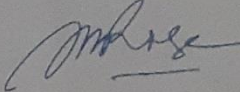
**HALAMAN PERSETUJUAN**

**Usulan Penelitian Skripsi Berjudul**

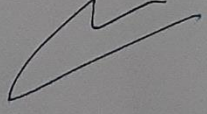
ANALISIS GERAK PESAWAT ATWOOD MENGGUNAKAN SENSOR IR-  
LED DAN PENGOLAHAN CITRA

Yang diajukan oleh Ahmad Zaroni  
NPM 18330023  
Telah disetujui untuk dilaksanakan

Semarang, Juni 2022


Pembimbing I	Pembimbing II
 Sigit Ristanto, M.Sc. NPP 108102232	 Dr. Harto Nuroso, M.Pd NPP 936701097

Mengetahui,  
Dekan FPMIPATI

  
Dr. Nur Khoiri, M.T.,M.Pd.  
NPP 047801165

ii

## Lampiran 19. Lembar bimbingan skripsi dosen pembimbing 1

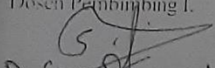
 UNIVERSITAS PGRI SEMARANG  
FAKULTAS PENDIDIKAN MIPA DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
Kampus Jl. Dr. Cipto - Sidodadi Timur No. 24 Semarang Indonesia  
Telp. (024)8316377 Faks. (024)8448217 Email. upgrisng@gmail.com Homepage. www.upgris.ac.id

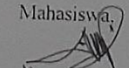
**LEMBAR PEMBIMBINGAN SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Ahmad Zaroni  
NPM : 10330023  
Prodi : Pendidikan Fisika  
Judul Skripsi : Analisis Gesek Pelawan Atwood Menggunakan Sensor IR-LED dan Pengolahan Citra

Dosen Pembimbing I : Dr. Sigit Ristanto, M.Sc.  
Dosen Pembimbing II : Dr. Harto Nurso, M.Pd.


No	Hari, Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
1.	13 April 2022	ACC judul/Tema skripsi	+
2.	12 Mei 2022	Revisi Proposal Penelitian	+
3.	20 Juni 2022	Revisi proposal Penelitian	-
4.	23 Juni 2022	ACC proposal Penelitian	+
5.	5 Agustus 2022	Revisi BAB IV	+
6.	12 Agustus 2022	Revisi BAB IV-V	+
7.	13 Agustus 2022	Revisi BAB I-V	+
8.	15 Agustus 2022	ACC Skripsi	+

Dosen Pembimbing I.   
Dr. Sigit Ristanto, M.Sc.  
NIDN

Mahasiswa.   
Ahmad Zaroni  
NPM

Pedoman Penulisan Skripsi Hal 53

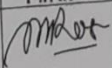
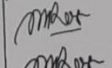
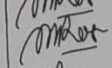
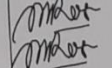
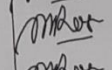
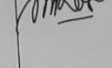


## Lampiran 20. Lembar bimbingan skripsi dosen pembimbing 2

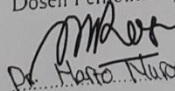
 UNIVERSITAS PGRI SEMARANG  
FAKULTAS PENDIDIKAN MIPA DAN TEKNOLOGI INFORMASI  
Kampus: Jl. Dr. Cipto - Sidodadi Timur No. 24 Semarang Indonesia  
Telp. (024)8316377 Faks. (024)8448217 Email: upgrisng@gmail.com Homepage: www.upgris.ac.id

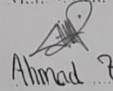
**LEMBAR PEMBIMBINGAN SKRIPSI**

Nama Mahasiswa : Ahmad Zaroni  
NPM : 18330023  
Prodi : Pendidikan Fisika  
Judul Skripsi : Analisis Ciri-ciri Pasaris Ahmad Menunjukkan Sensor IR-LED dan Pengolahan Citra

Dosen Pembimbing I : Dr. Saif Rislanto, M. Sc.  
Dosen Pembimbing II : Dr. Harro Nuroso, M. Pd.

No	Hari, Tanggal	Uraian Bimbingan	Paraf
1.	13 April 2022	ACC Judul / Tema Skripsi	
2.	13 Mei 2022	Revisi Proposal Penelitian	
3.	21 Juni 2022	Revisi Proposal Penelitian	
4.	24 Juni 2022	ACC Proposal Penelitian	
5.	6 Agustus 2022	Revisi BAB IV	
6.	13 Agustus 2022	Revisi BAB IV-V	
7.	14 Agustus 2022	Revisi BAB I-V	
8.	15 Agustus 2022	ACC BAB I-V	

Dosen Pembimbing II.  
  
Dr. Harro Nuroso, M. Pd.  
NIDN

M. Pd.  
  
Ahmad Zaroni  
NPM

Hal 55

Pedoman Penulisan Skripsi

Printed from FileMaker