



KIT PRAKTIKUM GERAK LURUS BERBASIS *LABVIEW*

**RANCANG BANGUN KIT PRAKTIKUM GERAK LURUS
MENGUNAKAN SENSOR *OBSTACLE AVOIDANCE***

Proyek Akhir

Oleh:

Aprian Yosua Hery Boy Simamora (3232211010)

**Program Studi Teknik Instrumentasi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : “KIT Praktikum Gerak Lurus Berbasis *Labview* ” adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 13 Januari 2025



Aprian Yosua Hery Boy Simamora
NIM: 3232211010

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Ahli Madya Teknik (AMd.T.)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Aprian Yosua Hery Boy Simamora (3232211010)

Tanggal Sidang: 9 Januari 2025

Disetujui oleh :


1. Ardian Budi Kusuma Atmaja, S.Tr.,M.T
NIK: 214172


1. Rahmi Mahdalliza, S.si, M.si.
NIK: 117195


2. Mu'thlana Gusnam, S.Kom.,M.T
NIK: 123293

KIT PRAKTIKUM GERAK LURUS BERBASIS *LABVIEW*

Abstrak

KIT Praktikum Gerak Lurus Berbasis *Labview* memperkenalkan alat peraga yang bertujuan untuk membantu pembelajaran bagi mahasiswa terkhusus dalam bidang ilmu fisika pada gerak lurus berupa papan lintasan dan gerak jatuh bebas berupa tabung. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dan sensor *obstacle*, yang dimana sensor *obstacle* ini bermanfaat sebagai penangkap nilai waktu dari alat uji coba yang melintas dan akan diproses dalam *Labview* serta ditampilkan pada antarmuka yang dibuat pada *Labview*, hasil data yang diperoleh berupa hasil data secara *real – time*. Dengan adanya KIT Praktikum ini dilingkungan pembelajaran, diharapkan agar mahasiswa dapat meningkatkan pemahaman mereka mengenai gerak lurus dan gerak jatuh bebas, serta mampu menghubungkan teori fisika dengan aplikasi praktis dalam kehidupan sehari-hari. KIT Praktikum ini menjadi sebuah inovasi yang memiliki potensi untuk meningkatkan hasil belajar dan minat siswa terhadap ilmu fisika. Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil percobaan, penerapan ilmu fisika pada KIT Praktikum ini telah sesuai.

Kata kunci: KIT Praktikum, Gerak Lurus, *Labview*

Labview -based Straight Motion Practicum KIT

Abstract

Labview -based Straight Motion Practicum KIT introduces teaching aids that aim to support student learning, especially in the field of physics in straight motion in the form of a track board and free fall in the form of a tube. This system uses Arduino Uno as a microcontroller and obstacle sensor, where this obstacle sensor is useful as a capture of the time value of the test equipment that passes and will be processed in Labview and displayed on the interface created in Labview, the data results obtained are data results in real time. With this Practical KIT in the learning environment, it is hoped that students can improve their understanding of straight motion and free fall motion, and be able to connect physics theory with practical applications in everyday life. This Practical KIT is an innovation that has the potential to improve learning outcomes and student interest in physics. Based on the data obtained from the experiment results, the application of physics in this Practical KIT is appropriate.

Keywords: Practical KIT, Straight Motion, Labview

Kata Pengantar

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas Rahmat dan karunianya sehingga kami dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul “KIT Praktikum Gerak Lurus Berbasis *Labview* ” guna memenuhi persyaratan kelulusan pada program studi Teknik Instrumentasi di Politeknik Negeri Batam.

Dalam kata pengantar ini, kami ingin mengungkapkan rasa terima kasih atas dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang sudah berkontribusi dalam terlaksana proyek akhir ini. Pada kesempatan kali ini kami ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada kepada Bapak Asrizal Deri Futra, S.si, M. si. dan Bu Rahmi Mahdaliza, S.si, M,si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan dan masukan yang sangat berharga selama proses pengerjaan proyek dan penulisan buku proyek ini. Dan tak luput pula terima kasih kami ucapkan pada Seluruh Dosen Jurusan Teknik Instrumentasi atas ilmu yang diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi akademik maupun teladan dan motivasi untuk masa yang akan datang. Terima kasih juga kami ucapkan kepada keluarga terutama kedua orang tua dan juga teman – teman yang telah memberikan dukungan moral dan semangat selama perjalanan panjang yang telah kami lalui ini. Kami menyadari bahwa proyek akhir ini mungkin masih memiliki beberapa kekurangan dan keterbatasan. Oleh sebab itu, kami sangat menghargai masukan dan saran konstruktif dari pembaca sebagai bahan untuk perbaikan dan pengembangan di masa yang akan datang.

Sebagai penutup, kami berharap proyek akhir ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam memperdalam pemahaman mengenai konsep gerak lurus dan gerak jatuh bebas pada sistem benda. Semoga proyek ini dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi mahasiswa, peneliti, serta semua pihak yang memiliki minat di bidang ini.

Batam, 13 Desember 2024

Penulis

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir.....	i
Lembar Pengesahan	Error! Bookmark not defined.
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar.....	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
Bab 1. Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan.....	3
1.6. <i>Work Breakdown Structure</i>	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka.....	4
2.1 Sistem Gerak Lurus dan Gerak Jatuh Bebas.....	4
2.1.1 Gerak Lurus Beraturan.....	4
2.1.2 Gerak Lurus Berubah Beraturan.....	5
2.2 Sistem Monitoring <i>Labview</i>	8
2.3 Mikrokontroller	9
2.4 Sensor.....	9
Bab 3. Metode Pelaksanaan	10
3.1. Perancangan	10
3.1.1. Perancangan atau Penyusunan Desain Produk.....	11
3.1.2. Perancangan Software <i>Interface</i>	13
3.2. Alat dan Bahan.....	14
3.3. Pengujian	15

Bab 4. Hasil dan Pembahasan.....	17
1.1. Data Hasil Penelitian.....	17
4.1.1 Gerak Lurus Beraturan.....	17
4.1.2 Gerak Lurus Berubah Beraturan.....	20
4.1.3 Gerak Jatuh Bebas.....	32
4.2. Pembahasan.....	38
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	41
Daftar Pustaka.....	42
Biodata	43
Lampiran.....	44

Daftar Gambar

Gambar 1. <i>Flowchart</i> Pelaksanaan Project.....	10
Gambar 2. Desain Elektrikal	11
Gambar 3. Desain Mekanikal Gerak Lurus.....	12
Gambar 4. Desain Mekanikal Gerak Jatuh Bebas.....	13
Gambar 5. <i>Flowchart</i> Perancangan Software	14
Gambar 6. Percobaan 1 GLB.....	18
Gambar 7. Percobaan 2 GLB.....	18
Gambar 8. Percobaan 3 GLB.....	19
Gambar 9. Percobaan 4 GLB.....	19
Gambar 10. Percobaan GLB 5.....	19
Gambar 11. Percobaan 1 GLBB 5°	22
Gambar 12. Percobaan 2 GLBB 5°	23
Gambar 13. Percobaan 3 GLBB 5°	23
Gambar 14. Percobaan 1 GLBB 10°	26
Gambar 15. Percobaan 2 GLBB 10°	27
Gambar 16. Percobaan 3 GLBB 10°	27
Gambar 17. Percobaan 1 GLBB 15°	30
Gambar 18. Percobaan 2 GLBB 15°	31
Gambar 19. Percobaan 3 GLBB 15°	31
Gambar 20. Percobaan 1 GJB.....	36
Gambar 21. Percobaan 2 GJB.....	36
Gambar 22. Percobaan 3 GJB.....	37
Gambar 23. Percobaan 4 GJB.....	37
Gambar 24. Percobaan 5 GJB.....	37
Gambar 25. Alat Gerak Lurus.....	44
Gambar 26. Alat Gerak Jatuh Bebas.....	45
Gambar 27. <i>Interface</i> GLB	45
Gambar 28. <i>Interface</i> GLBB	46
Gambar 29. <i>Interface</i> GJB.....	46

Daftar Tabel

Tabel 1 Work Break Structure.....	3
Tabel 2 Alat dan Bahan	14
Tabel 3 Hasil Data GLB	17
Tabel 4 Hasil Data GLBB 5°	20
Tabel 5 Perhitungan Sigma 5°	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6 Hasil Data GLBB 10°	24
Tabel 7 Perhitungan Sigma 10°	Error! Bookmark not defined.
Tabel 8 Hasil Data GLBB 15°	28
Tabel 9 Perhitungan Sigma 15°	Error! Bookmark not defined.
Tabel 10 Hasil Data GJB 90°	32
Tabel 11 Perhitungan Sigma GJB	33

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kit praktikum atau alat peraga merupakan seperangkat peralatan yang digunakan dalam suatu pembelajaran. Dalam ilmu pengetahuan sangat memerlukan adanya alat peraga untuk mempermudah proses pembelajaran, seperti pada ilmu fisika. Pada bidang ilmu fisika yang menggunakan alat peraga diantaranya gerak lurus, sering dijumpai pada sekolah dasar hingga di universitas. Alat peraga gerak lurus berkaitan dengan jarak, kecepatan, percepatan dan waktu. Oleh karena itu dengan adanya alat peraga atau kit praktikum gerak lurus ini mahasiswa dapat memahami mengenai gerak lurus dan gerak jatuh bebas.

Penelitian mengenai alat peraga gerak lurus telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan oleh Irwanto S Sirait, tahun 2018 dengan judul “Modul GLB dan GLBB Berbasis *Labview* ”. Pada penelitian yang dilakukan membuat alat peraga untuk mengukur kecepatan gerak lurus menggunakan sensor *proximity* serta *software Labview* yang menampilkan grafik dan data. Gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan memiliki kecepatan dan percepatan. Pada gerak lurus beraturan kecepatan benda tetap dan percepatan sama dengan nol, gerak lurus berubah beraturan kecepatan benda berubah dan percepatan tidak berubah atau konstan. Hal tersebut dipengaruhi oleh jarak dan waktu yang akan menciptakan adanya kecepatan dan percepatan benda.

Kemudian terdapat penelitian lain yang membahas mengenai besar percepatan benda gerak jatuh bebas seperti yang telah dilakukan oleh Agung Ristiawan pada tahun 2018 dengan judul “Analisis Gerak Jatuh Bebas Menggunakan Metode Video Based Laboratory (VBL) Menggunakan Software Tracker”. Pada metode penelitian sebelumnya eksperimen yang dilakukan yaitu untuk mengetahui percepatan dari benda yang melintas. Penelitian dengan metode eksperimen ini dipengaruhi oleh jarak ketinggian yang menyebabkan adanya besaran percepatan rata – rata yang didapat. Nilai hasil yang diperoleh pada penelitian ini mendekati nilai tetapan gravitasi bumi yaitu $9,8 \text{ m/s}^2$. Adanya data tersebut disebabkan karna faktor eksperimen yang tidak terjadi diruang hampa yang akan memengaruhi percepatan gerak jatuh bebas.

Berdasarkan uraian diatas kebutuhan akan alat peraga untuk praktik gerak lurus dan hasil dari beberapa penelitian sebelumnya maka dalam pelaksanaan penelitian ini akan membuat “KIT Trainer: Praktikum Fisika Untuk Mempejari Gerak Lurus Berbasis *Labview* ”, dimana sistem yang terdiri dari lintasan yang

dimiringkan dengan menggunakan motor stapper. Lalu benda akan bergerak dengan gaya gravitasi GL (Gerak lurus). GJB (Gerak Jatuh Bebas), akan menjatuhkan benda dari atas hingga ke bawah, kemudian pergerakan objek tersebut direkam oleh sensor yang digunakan. Dengan adanya modul ini diharapkan dapat bermanfaat untuk kegiatan praktikum bagi mahasiswa memperoleh data dalam nilai percepatan dan kecepatan.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas maka permasalahan yang akan diselesaikan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membuat alat praktikum untuk mengukur waktu gerak lurus dan gerak jatuh bebas?
2. Bagaimana cara mendeteksi waktu dari gerakan suatu objek yang berjalan pada kit praktikum gerak lurus?
3. Bagaimana cara mengolah data kecepatan pada sistem yang terdapat pada kit praktikum gerak lurus?
4. Bagaimana informasi hasil data yang akan ditampilkan pada kit praktikum gerak lurus?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari modul ini diantaranya sebagai berikut:

1. Merancang alat praktikum untuk mengukur waktu pada gerak lurus dan gerak jatuh bebas.
2. Menggunakan sensor *obstacle* untuk pengukuran waktu saat objek melintas
3. Pengolahan data kecepatan dengan menggunakan konstanta jarak per waktu.
4. Menggunakan aplikasi *Labview* untuk tampilan data.

1.4. Manfaat

Manfaat yang akan diperoleh dari alat peraga atau kit praktikum ini adalah mahasiswa dapat melakukan pembelajaran pada bidang ilmu fisika menggunakan modul tersebut serta dapat memahami lebih jauh mengenai konsep tentang pengukuran gerak lurus dan gerak jatuh bebas dengan digabungkan oleh *software* dan dapat digunakan untuk praktikum pembelajaran mahasiswa.

1.5. Batasan

Proyek akhir ini membahas tentang KIT Praktikum Gerak Lurus Berbasis *Labview*, agar penulisan lebih terarah, maka pembahasan penulisan ini dibatasi pada ruang lingkup pembahasan sebagai berikut :

1. Mengabaikan adanya gaya gesek
2. Tidak membahas lebih jauh mengenai sensor Accelerometer
3. Jarak antar sensor pada papan lintasan 10 cm.
4. Kemiringan sudut 5° , 10° dan 15°

1.6. Work Breakdown Structure

Tabel 1 Work Break Structure

No	Nama	Tugas dan Tanggung Jawab dalam Tim
1	Lenggo Andrizein Pratama	Koordinator dan rancang bangun Gerak Jatuh bebas
2	Aprian Yosua Hery Boy Simamora	Rancang bangun Gerak Lurus
3	Ikha Azhari Mayaningrum Sirait	Akuisisi data Gerak Lurus
4	Teguh Farid Ramadhan	Akuisisi data Gerak Jatuh Bebas

Bab 2. Tinjauan Pustaka

Kit Gerak Lurus berbasis *Labview* terdiri dari modul dengan lintasan yang pada bagian atas lintasan merupakan jalur benda yang bergerak. Pada saat modul gerak lurus beraturan lintasan tetap lurus dengan menghitung percepatan dan kecepatan benda stabil dan tidak mengalami kenaikan dan penurunan. Modul gerak lurus berubah beraturan dengan lintasan yang sudah di desain menggunakan motor *stepper* akan membuat lintasan menjadi miring dan benda yang diletakkan pada lintasan akan berjalan menurun. Maka dalam tinjauan pustaka ini akan diuraikan mengenai gerak lurus.

2.1 Sistem Gerak Lurus dan Gerak Jatuh Bebas

Penelitian mengenai perhitungan kecepatan dan percepatan pada gerak lurus sebelumnya telah dilakukan oleh Supriyatna, S., & Roza, L. (2021) yang berjudul “Analisis Keakuratan Sensor Inframerah dan Stopwatch pada Praktik Glb dan Glbb”. Pada penelitian tersebut melakukan pengambilan data dengan cara menghitung kecepatan dan percepatan objek melintas melalui sensor *obstacle*, dengan adanya waktu dan jarak kecepatan dan percepatan akan didapatkan. Sensor *obstacle* ini dapat mendeteksi adanya benda melintas dengan pantulan cahaya dengan jarak yang dapat di deteksi berkisar 2–60cm. Sesuai dengan judul penelitian ini terdapat 3 rumus yang mencakup glb, glbb dan gjb diantaranya :

2.1.1 Gerak Lurus Beraturan

Gerak Lurus Beraturan (GLB) adalah gerak dimana suatu benda bergerak sepanjang lintasan lurus dengan kecepatan yang konstan. Suatu benda bergerak lurus dengan menempuh jarak yang sama dalam selang waktu yang sama. Pada gerak lurus beraturan tidak adanya percepatan pada suatu objek ($a = 0$). Adapun rumus kecepatan pada gerak lurus yaitu :

$$v = \frac{S}{t} \quad (1)$$

v = Kecepatan (m/s)

S = Perpindahan atau biasa disebut jarak tempuh (m)

t = Selang waktu atau waktu tempuh (s).

Grafik gerak lurus beraturan pada proyek akhir ini berupa jarak terhadap waktu yang berbentuk diagonal. Kecepatan yang tetap menghasilkan Jarak yang kemudian bertambah seiring waktu.

2.1.2 Gerak Lurus Berubah Beraturan

Gerak lurus berubah dipercepat (GLBB) merupakan jenis gerak dalam fisika yang bergerak sepanjang lintasan yang lurus dengan percepatan yang konstan. Dalam GLBB, kecepatan suatu benda berubah secara periodik (pada laju konstan). Adanya percepatan konstan suatu benda, kecepatan benda meningkat besar.

Dalam gerak lurus berubah beraturan ini menghitung percepatan dengan menggunakan pendekatan regresi polinomial dari kurva jarak terhadap waktu. Adapun Langkah serta rumus sebagai berikut :

Pada Gerak Lurus Berubah Beraturan Jarak terhadap waktu mengikuti persamaan kuadrat :

$$s(t) = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (2)$$

s_0 = Posisi Awal

v_0 = Kecepatan Awal

a = Percepatan

t = Waktu

Ketika kurvanya tidak sempurna atau data eksperimennya tidak ideal. Dalam kasus ini, metode regresi polinomial digunakan untuk memperkirakan hubungan antara jarak dan waktu dengan persamaan polinomial. Misalnya, kita dapat menggunakan regresi kuadrat terkecil untuk menemukan persamaan polinomial terbaik yang mendekati data eksperimen. Persamaan polinomial yang digunakan adalah:

$$s(t) = c_0 + c_1 t + c_2 t^2 \quad (3)$$

Di mana :

- c_0 adalah konstanta yang mendekati posisi awal s_0
- c_1 adalah koefisien yang mendekati kecepatan awal v_0
- c_2 adalah koefisien yang berkaitan dengan percepatan, yaitu $\frac{1}{2}a$. Dengan demikian, percepatan dapat dihitung dengan $a = 2 c_2$

Langkah-langkah Penggunaan Regresi Polinomial

1. **Mengumpulkan Data Eksperimen:** Ukur posisi objek pada waktu yang berbeda-beda selama eksperimen.
2. **Menentukan Polinomial:** Gunakan teknik regresi polinomial, seperti kuadrat terkecil, untuk menemukan nilai terbaik dari c_0 , c_1 , dan c_2 berdasarkan data yang ada.
3. **Menafsirkan Koefisien:** Setelah mendapatkan koefisien c_0 , c_1 , dan c_2 kita dapat menginterpretasikan c_0 sebagai posisi awal, c_1 sebagai kecepatan awal, dan c_2 sebagai $\frac{1}{2}a$, sehingga kita bisa menghitung percepatan a .

Regresi polinomial digunakan ketika data eksperimen tidak mengikuti bentuk yang sederhana, seperti garis lurus atau parabola yang ideal. Dalam hal ini, regresi polinomial memungkinkan kita untuk menemukan hubungan yang lebih fleksibel antara variabel independen (waktu) dan variabel dependen (posisi).

2.1.3 Gerak Jatuh Bebas

Gerak Jatuh Bebas (GJB) adalah salah satu bentuk gerak lurus berubah beraturan (GLBB) yang terjadi dibawah pengaruh percepatan gravitasi. Dalam GJB, sebuah benda bergerak vertikal menuju permukaan bumi tanpa adanya gaya lain yang bekerja, seperti hambatan udara. GJB banyak digunakan dalam fisika untuk mempelajari konsep percepatan gravitasi (g) dan gerakan benda dalam medan gravitasi. Gerak ini merupakan dasar dari banyak eksperimen fisika dan fenomena alami, seperti jatuhnya benda dari ketinggian atau gerak benda dalam ruang hampa.

Ciri-Ciri Gerak Jatuh Bebas

- 1) Percepatan Konstan
Percepatan benda selama GJB bersifat tetap, yaitu sebesar $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$ di permukaan bumi. Nilai ini dapat sedikit bervariasi tergantung lokasi, misalnya di ketinggian tertentu atau diwilayah dengan medan gravitasi yang berbeda.
- 2) Arah Gerak Vertikal
Benda dalam GJB selalu bergerak vertikal ke bawah, menuju pusat gravitasi bumi. Tidak ada lintasan horizontal yang memengaruhi gerakan ini.
- 3) Kecepatan Awal Nol (Opsional)
Dalam kasus GJB ideal, benda sering dianggap dilepaskan dari keadaan diam ($v_0 = 0$). Namun jika benda memiliki kecepatan awal, rumus-rumusnya perlu disesuaikan untuk memasukkan komponen kecepatan awal tersebut.
- 4) Tidak Ada Gaya Lain
Dalam kondisi ideal, GJB mengabaikan gaya lain seperti hambatan udara atau gesekan. Namun, pada dunia nyata, hambatan udara dapat memengaruhi kecepatan benda dan menyebabkan penyimpangan dari nilai teoritis.

Pengaruh Hambatan Udara dalam GJB

Dalam dunia nyata, gerak jatuh bebas sering dipengaruhi oleh hambatan udara. Hambatan ini menyebabkan percepatan benda menjadi lebih kecil dari pada nilai gravitasi ideal. Akibatnya, kecepatan benda tidak terus meningkat tanpa batas tetapi mencapai kecepatan terminal, yaitu kecepatan maksimum di mana gaya hambatan udara setara dengan gaya gravitasi. Hambatan udara dipengaruhi oleh:

1. Bentuk Benda: Benda dengan permukaan luas, seperti kertas, mengalami hambatan udara lebih besar dibandingkan benda kecil dan padat, seperti bola besi.
2. Kecepatan: Hambatan udara meningkat seiring bertambahnya kecepatan benda.
3. Kepadatan Udara: Hambatan lebih besar pada udara dengan kepadatan tinggi, seperti di dekat permukaan bumi.

Dalam penelitian atau eksperimen, hambatan udara sering diabaikan untuk menyederhanakan perhitungan, misalnya dengan menggunakan ruang hampa udara. GJB tidak hanya relevan dalam pengajaran fisika, tetapi juga menjadi dasar bagi banyak aplikasi sains dan teknologi, seperti prediksi lintasan benda jatuh, desain aerodinamika, dan simulasi gravitasi di ruang angkasa. Pendekatan grafis menggunakan LabVIEW dalam penelitian ini memperkuat pemahaman konsep GJB dan memperkenalkan cara modern untuk menganalisis gerak benda.

Pendekatan Grafis di LabVIEW

LabVIEW menggunakan pendekatan grafis untuk menentukan nilai percepatan berdasarkan data eksperimen yang diperoleh dari sensor. Proses analisis dilakukan sebagai berikut:

- a) Pengumpulan Data Real-Time
Data jarak (x) dan waktu (t) dikumpulkan oleh sensor obstacle yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino. Data ini kemudian dikirim ke LabVIEW melalui koneksi serial untuk diolah lebih lanjut.
- b) Plotting Kurva Jarak terhadap Waktu ($x - t$)
LabVIEW memplot data jarak dan waktu ke dalam grafik interaktif. Grafik ini biasanya menunjukkan kurva berbentuk parabola, sesuai dengan persamaan kuadrat gerak lurus berubah beraturan.
- c) Analisis Kurva Menggunakan Regresi Kuadratik
Untuk menentukan nilai percepatan (a), LabVIEW menggunakan fitur analisis data seperti Curve Fitting atau Polynomial Regression. Dari grafik $x - t$, LabVIEW secara otomatis menyesuaikan kurva dengan persamaan:

$$x(t) = \frac{1}{2}at^2$$

Dimana :

$x(t)$ adalah posisi objek pada waktu t

a adalah percepatan (konstan)

t adalah waktu

Untuk menentukan percepatan (a) dalam gerak lurus berubah beraturan (GLBB) menggunakan regresi kuadratik, pertama-tama kita mengumpulkan data posisi (x) dan waktu (t) dari eksperimen. Kemudian, kita menggunakan fitur *Curve Fitting* atau *Polynomial Regression* di LabVIEW untuk menyesuaikan data dengan model polinomial kuadratik

$s(t) = c_0 + c_1t + c_2t^2$, di mana koefisien c_2 berhubungan langsung dengan percepatan. Karena bentuk persamaan ideal untuk GLBB adalah $x(t) = \frac{1}{2}at^2$, kita tahu bahwa $c_2 = \frac{1}{2}a$. Untuk mendapatkan percepatan, kita cukup mengalikan nilai c_2 yang diperoleh dari regresi dengan 2, sehingga $a = 2 \times c_2$. Dengan cara ini, kita dapat menghitung percepatan dari data eksperimen meskipun kurvanya tidak sempurna.

- d) Visualisasi Percepatan Nilai percepatan (a) yang dihitung ditampilkan di front panel LabVIEW dalam bentuk angka dan grafik. LabVIEW juga dapat memplot grafik percepatan terhadap waktu ($a - t$) untuk memperlihatkan konsistensi percepatan selama percobaan.

Keunggulan Pendekatan Grafis di LabVIEW

- Akurasi Tinggi: Pendekatan ini memungkinkan perhitungan percepatan langsung dari data eksperimen dengan akurasi tinggi.
- Kemudahan Analisis: LabVIEW menyederhanakan analisis data dengan visualisasi kurva interaktif dan fitur otomatis seperti regresi kuadratik.
- Efisiensi Waktu: Penggunaan LabVIEW mempercepat proses analisis data dibandingkan metode manual atau perhitungan menggunakan perangkat lunak lain.
- Real-Time Processing: Data dapat dianalisis dan divisualisasikan secara langsung selama eksperimen berlangsung, memungkinkan peneliti untuk segera melihat hasilnya.

Implementasi pada Penelitian

Pada penelitian ini, data dari gerak benda di lintasan miring dengan sudut tertentu (GLBB) dikumpulkan menggunakan sensor obstacle. Data waktu (t) dan jarak (x) diinput ke LabVIEW untuk menghasilkan grafik $x - t$. Dengan pendekatan grafis, LabVIEW menyesuaikan kurva data dengan persamaan kuadratik, menentukan percepatan (a), dan menampilkannya dalam bentuk numerik maupun grafik.

Hasil ini menjadi dasar untuk membandingkan data eksperimen dengan teori fisika, seperti validasi nilai percepatan gravitasi pada Gerak Jatuh Bebas (GJB).

2.2 Sistem Monitoring *Labview*

Pada tahun 2018 telah terdapat penelitian mengenai monitoring menggunakan *Labview* yang berjudul "Modul GLB dan GLBB Berbasis *Labview* " oleh Irwanto S Sirait. *Labview* dijadikan software untuk memproses dan visualisasi dalam bidang akuisisi data, kendali dan instrumen. Pemrograman pada *Labview* menggunakan bahasa pemrograman berbentuk grafis dan paralel. Pada *Labview* terdapat front panel dan blok diagram. Front panel berfungsi sebagai *interface* dan

blok diagram untuk program yang dirangkai. Pada front panel berisikan nilai dan grafik dari sensor yang akan dibaca. Blok diagram berisi kode – kode untuk mengontrol panel. Pada *Labview* komunikasi yang digunakan melalui *linx* atau *visa* untuk menghubungkan program dari software .*Arduino* ke *Labview* .

2.3 Mikrokontroller

Menurut Rozeff Pramana dan Reinhard Nababan pada tahun 2019, *Arduino Uno* bersifat open source diturunkan melalui *wiring platform* yang mempermudah pengguna, selain itu *Arduino* memiliki modul siap pakai seperti ethernet, SD Card yang ditancapkan pada *board*. *Arduino Uno* merupakan pengendali mikro *single board* yang berbasis ATmega328. *Arduino* memiliki 14 pin digital (6 pin digunakan untuk output PWM), 6 input analog, sebuah 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah *header* ICSP dan sebuah tombol reset. Dengan bantuan USB yang diberikan tegangan dari baterai atau adaptor AC ke DC dapat membuat mikrokontroller ini bekerja.

2.4 Sensor

1. Sensor *Obstacle*

Menurut Reinhard Nababan dan Pramana Rozeff pada tahun 2019, Sensor *Infrared obstacle* ini memiliki pemancar dan penerima IR internal yang mengirimkan energi dan mencari energi IR yang dipantulkan untuk mendeteksi keberadaan hambatan apapun di depan sensor dengan jenis fotodioda. Sensor ini memiliki potensiometer bawaan yang memungkinkan pengguna menyesuaikan jangkauan deteksi. Sensor ini memiliki respon yang sangat baik dan stabil bahkan dalam kondisi cahaya sekitar atau dalam kegelapan total.

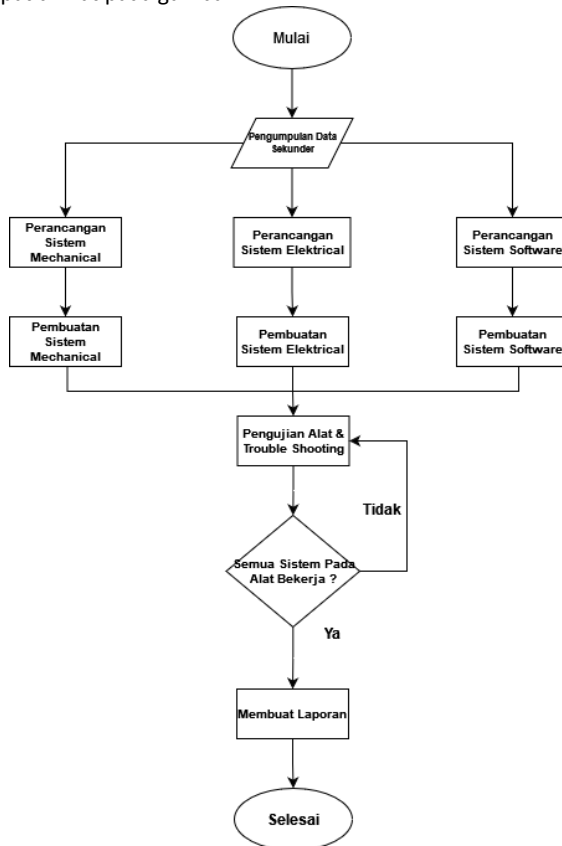
2. Sensor *Accelerometer* MPU 6050

Sensor MPU-6050 menurut Onny Octaviani Artha, Budi Rahmadya dan Rahmi Eka Putri pada tahun 2018 merupakan gabungan dari sensor *Accelerometer* dan *Gyroscope*, dimana dengan menggunakan kedua sensor ini, kita dapat menghasilkan output berupa orientasi. *Accelerometer* digunakan untuk mengetahui percepatan gravitasi, sedangkan *gyroscope* digunakan untuk mengetahui kecepatan sudut. Fusion dari output *Accelerometer* dan *gyroscope* akan menghasilkan orientasi (kemiringan terhadap sumbu x dan y). Sensor MPU 6050 ini terintegrasi 6 axis dengan menggabungkan 3 axis MPU6050 dan 3 axis *gyroscope* serta Digital Motion *Processor*. Sensor ini dilengkapi dengan tiga konverter ADC (Analog Digital Converter) 16 bit untuk mengkonversi keluaran *gyroscope* dan tiga konverter ADC 16 bit untuk mengkonversi keluaran MPU6050.

Bab 3. Metode Pelaksanaan

3.1. Perancangan

Pada penelitian ini memiliki tahapan yang dibuat dalam bentuk *flowchart* yang terdiri atas perencanaan desain mekanikal, desain elektrikal dan desain *interface*. Adanya *flowchart* ini dapat membantu peneliti untuk melaksanakan serangkaian langkah yang sistematis dan terstruktur. Dengan demikian, setiap tahapan yang dijelaskan dapat dilihat pada gambar 1.



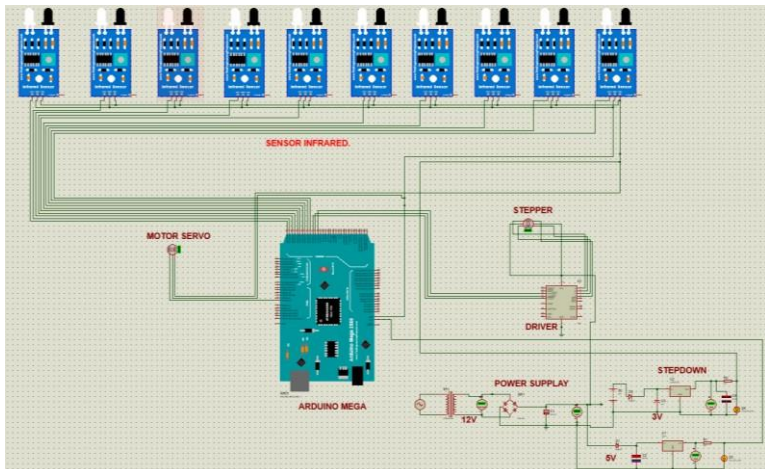
Gambar 1. *Flowchart* Pelaksanaan Project

3.1.1. Perancangan atau Penyusunan Desain Produk

Perancangan desain alat peraga gerak lurus yang akan dilakukan terdiri dari perancangan desain elektrikal dan perancangan desain mekanikal.

1. Perancangan Desain Elektrikal

Pada tahapan selanjutnya terdapat bagian penting mengenai pembuatan alat peraga gerak lurus yaitu pembuatan elektrikal, desain tersebut dapat dilihat pada gambar 2.



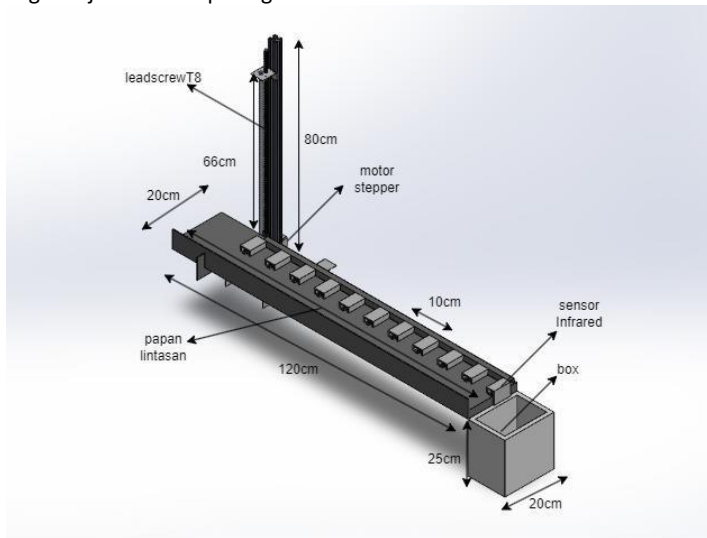
Gambar 2. Desain Elektrikal

Tahapan ini menggunakan sensor *Obstacle* yang merupakan komponen penting untuk menghasilkan data yang diolah peneliti. Beserta komponen lain yaitu Arduino, motor *stepper*, limit switch dan motor servo. Semua komponen tersebut terhubung dalam Arduino yang berfungsi sebagai mikrokontroler, Kemudian *software* proteus digunakan untuk mendesain elektrikal dan dapat digunakan sebagai simulasi elektrikal pada alat peraga gerak lurus. Pada desain elektrikal ini menggunakan 10 sensor *obstacle*, 1 buah motor servo, 1 buah motor *stepper*, 1 buah driver dan menggunakan mikrokontroler arduino mega, dimana sensor *obstacle* terdapat 3 input yaitu VCC GND dan OUT, pada bagian output sensor disambungkan pada masing pin digital pada arduino, pada VCC di jumperkan dari sensor *obstacle* pertama sampai terakhir kemudian disambungkan pada pin 5V arduino, lalu pada bagian GND di jumperkan dari sensor pertama *obstacle* hingga ke sensor terakhir kemudian disambungkan pada pin OUT pada Arduino.

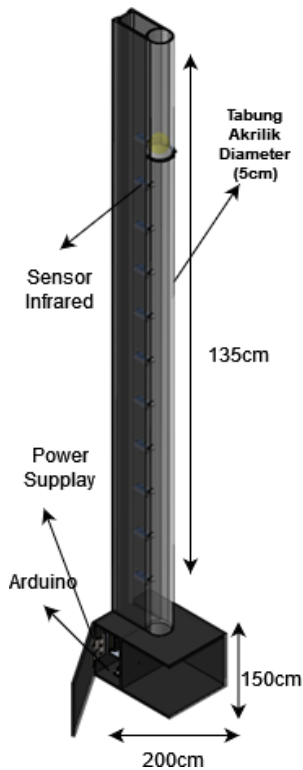
2. Perancangan Desain Mekanikal

Agar terlaksananya penelitian ini, maka diperlukan alat peraga gerak lurus yang dipakai oleh peneliti. Dapat diawali dengan tahapan pembuatan desain mekanikal menggunakan *software SolidWorks*, kemudian pemilihan bahan material yang sesuai, peletakkan komponen yang digunakan dan pengaturan dimensi pada setiap bagian.

Terdapat 2 desain mekanikal pada gerak lurus yaitu pertama desain mekanikal gerak lurus beraturan dan berubah beraturan yang memiliki panjang papan lintasan 120cm dan lebar 20cm serta tebal dari lintasan 7cm dengan jarak per sensor 10cm, terdapat kotak di ujung lintasan sebagai tempat untuk media yang digunakan dan berguna sebagai tempat meletakkan mikrokontroler arduino mega. Terdapat pula tinggi dari tiang *stepper* 80cm dan tinggi tiang dari ulirnya 66cm. Lalu yang kedua yaitu desain mekanikal gerak jatuh dengan tinggi tabung 135cm dengan diameter tabung 5cm, memiliki jarak per sensor 10cm, dengan kotak di bawah yang berfungsi untuk menangkap benda yang akan jatuh, serta tempat letak mikrokontroler arduino mega, dengan tinggi kotak 150cm dan lebar 200cm. Gambar desain mekanikal untuk gerak lurus dapat dilihat pada gambar 3 dan untuk gerak jatuh bebas pada gambar 4.



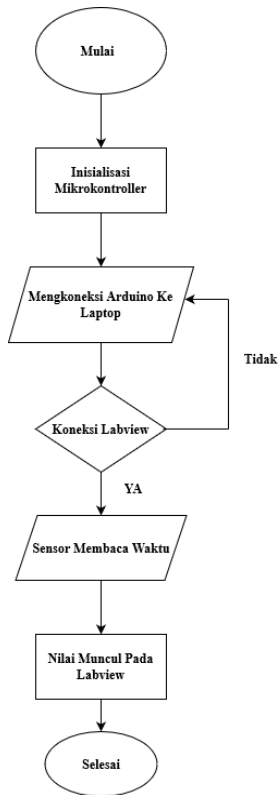
Gambar 3. Desain Mekanikal Gerak Lurus



Gambar 4. Desain Mekanikal Gerak Jatuh Bebas

3.1.2. Perancangan Software *Interface*

Tahapan akhir dalam pembuatan alat peraga gerak lurus. Dibutuhkan sebuah tampilan atau *interface* berguna untuk memberikan data yang diolah oleh peneliti. Perancangan software ini dapat dilihat pada gambar 5. *Flowchart* berperan sebagai *interface* yang digunakan, dengan pembuatan program pada blok diagram dan penampilan data menggunakan font panel. Pada font panel ini menampilkan berupa hasil data yang telah didapat beserta grafik dari sensor.



Gambar 5. Flowchart Perancangan Software

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan produk KIT Praktikum gerak lurus sebagai berikut :

Tabel 2 Alat dan Bahan

No	Jenis Pengeluaran	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
	Belanja Bahan (maks, 60%)			
	<i>Sensor Accelerometer</i>	1 Unit	25,000,-	25,000,-

	<i>Sensor Obstacle</i>	20 Unit	8,000,-	160,000,-
	Arduino Mega	1 Unit	335,000,-	335,000,-
	<i>Lead Screw 8MM (Panjang 750mm)</i>	1 Unit	155,000,-	155,000,-
	<i>Pillow Block Mounted Ball Bearing</i>	2 Unit	20,000,-	40,000,-
	<i>Trapezodial Screw Nut Housing</i>	1 Unit	50,000,-	50,000,-
	<i>Anti Backlash Nut T8 Lead Screw</i>	1 Unit	25,000,-	25,000,-
	<i>Nema 23 (8mm)</i>	1 Unit	255,000,-	255,000,-
	<i>Linear Rail Shaft Block 12MM</i>	4 Unit	25,000,-	100,000,-
	<i>Besi AS 12MM (750mm)</i>	2 Unit	75,000,-	150,000,-
	<i>Linear Ball Bearing Block Bushing 12MM</i>	2 Unit	35,000,-	70,000,-
	Kabel	1 Set	37,750,-	37,750,-
	<i>Acrylic Lembaran</i>	1 Lembar	842,000,-	842,000,-
	<i>Acrylic Tabung</i>	5 Buah	508,650,-	508,650,-
	<i>Tb6600 Motor Driver</i>	1 Unit	120,000,-	120,000,-
	<i>Limit Switch</i>	2 Unit	10,000,-	20,000,-
	<i>Servo</i>	3 Unit	20,000,-	60,000,-
SUB TOTAL (Rp)				2.953,400,-

3.3. Pengujian

Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap seperti pembentukan bahan dan pemasangan komponen elektrik seperti kabel, sensor dan lainnya hingga produk siap untuk diuji. Kemudian pengujian dilakukan dengan mengambil data serta

membandingkan hasil yang telah didapat menggunakan grafik yang terdapat pada software. Setelah melakukan rangkaian tahapan tersebut dapat dipastikan bahwa produk sudah sesuai dan bekerja dengan baik.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

1.1. Data Hasil Penelitian

Pengujian dilakukan untuk mengukur nilai waktu pada papan lintasan dan tabung menggunakan sensor *obstacle* yang dihubungkan dengan mikrokontroller Arduino uno. Data yang dihasilkan dari penelitian ini kemudian akan ditampilkan melalui *interface* pada *Labview*. Data yang diambil diantaranya adalah data glb, glbb dan gjb. Data pengujian sensor dapat dilihat pada tabel berikut :

4.1.1 Gerak Lurus Beraturan

Tabel 3 Hasil Data GLB

GLB																					
Sensor	Jarak (m)	Percobaan ke -																			
		1				2				3				4				5			
		Waktu (s)	Kecepatan Teoritis (m/s)	Kecepatan Aktual (m/s)	Error (%)	Waktu (s)	Kecepatan Teoritis (m/s)	Kecepatan Aktual (m/s)	Error (%)	Waktu (s)	Kecepatan Teoritis (m/s)	Kecepatan Aktual (m/s)	Error (%)	Waktu (s)	Kecepatan Teoritis (m/s)	Kecepatan Aktual (m/s)	Error (%)	Waktu (s)	Kecepatan Teoritis (m/s)	Kecepatan Aktual (m/s)	Error (%)
1	0	0.0	0	0	-	0.0	0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	-
2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	0.3	0.0
3	0.2	0.6	0.3	0.3	0.0	0.6	0.3	0.3	0.0	0.6	0.3	0.3	0.0	0.6	0.3	0.3	0.0	0.6	0.3	0.3	0.0
4	0.3	1.0	0.3	0.3	0.0	1.0	0.3	0.3	0.0	1.0	0.3	0.3	0.0	1.0	0.3	0.3	0.0	1.0	0.3	0.3	0.0
5	0.4	1.3	0.3	0.3	0.0	1.3	0.3	0.3	0.0	1.3	0.3	0.3	0.0	1.3	0.3	0.3	0.0	1.3	0.3	0.3	0.0
6	0.5	1.6	0.3	0.3	0.0	1.6	0.3	0.3	0.0	1.6	0.3	0.3	0.0	1.7	0.3	0.3	0.0	1.6	0.3	0.3	0.0
7	0.6	1.9	0.3	0.3	0.0	1.9	0.3	0.3	0.0	1.9	0.3	0.3	0.0	2.0	0.3	0.3	0.0	2.0	0.3	0.3	0.0
8	0.7	2.2	0.3	0.3	0.0	2.3	0.3	0.3	0.0	2.3	0.3	0.3	0.0	2.3	0.3	0.3	0.0	2.3	0.3	0.3	0.0
9	0.8	2.6	0.3	0.3	0.0	2.6	0.3	0.3	0.0	2.6	0.3	0.3	0.0	2.7	0.3	0.3	0.0	2.6	0.3	0.3	0.0
10	0.9	2.9	0.3	0.3	0.0	2.9	0.3	0.3	0.0	2.9	0.3	0.3	0.0	3.1	0.2	0.2	0.0	3.0	0.3	0.3	0.0
		Rata-rata			0.0	Rata-rata			0.0	Rata-rata			0.0	Rata-rata			0.0	Rata-rata			0.0

Pada tabel 3 merupakan hasil dari pengambilan data waktu serta kecepatan pada glb atau gerak lurus beraturan yang dimana nilai waktu dalam bentuk *second* dan nilai posisi dalam bentuk meter serta kecepatan dalam bentuk meter/ *second*. Perhitungan nilai error pada gerak lurus diantaranya yaitu :

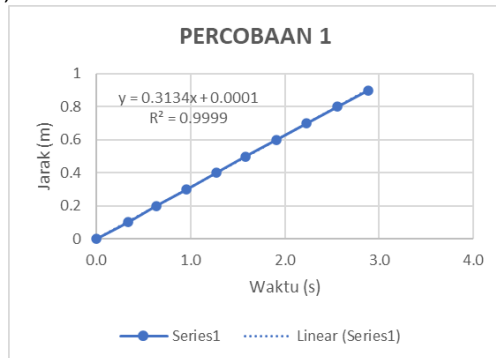
$$\text{Nilai Error} = \text{abs} \left[\frac{\text{Kecepatan Aktual} - \text{Kecepatan Teoritis}}{\text{Kecepatan Teoritis}} \right] \times 100\%$$

Sebagai contoh seperti pada percobaan 1 pada waktu 2 :

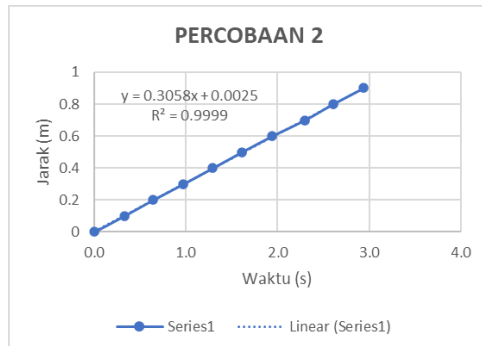
$$\begin{aligned} \text{Nilai Error} &= \text{abs} \left[\frac{0,300 - 0,300}{0,300} \right] \times 100\% \\ &= 0,000 \end{aligned}$$

Dan untuk merata-ratakan kecepatan menggunakan fungsi AVERAGE pada excel.

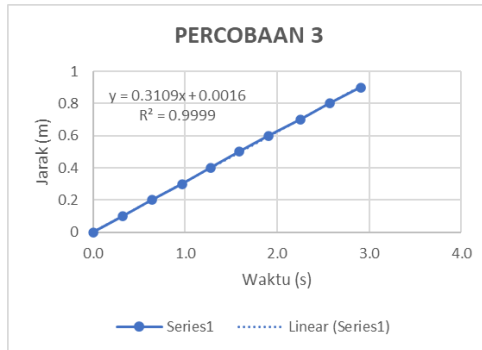
Yang kemudian menghasilkan grafik dari beberapa percobaan yang ada pada gambar 6, 7, 8, 9 dan 10.



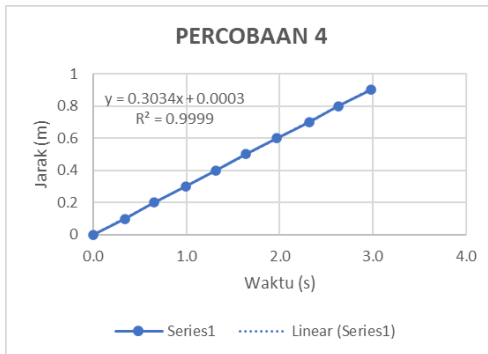
Gambar 6. Percobaan 1 GLB



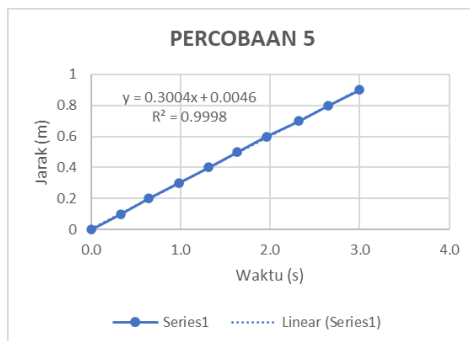
Gambar 7. Percobaan 2 GLB



Gambar 8. Percobaan 3 GLB



Gambar 9. Percobaan 4 GLB



Gambar 10. Percobaan GLB 5

4.1.2 Gerak Lurus Berubah Beraturan

1. Melakukan Percobaan pada 5°

Tabel 4 Hasil Data GLBB 5°

GLBB					
Sensor	Jarak (m)	Derajat	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
			Waktu (s)	Waktu (s)	Waktu (s)
1	0	5°	0.000	0.000	0.000
2	0.1		0.203	0.176	0.232
3	0.2		0.357	0.327	0.412
4	0.3		0.487	0.484	0.571
5	0.4		0.614	0.610	0.703
6	0.5		0.714	0.738	0.832
7	0.6		0.815	0.847	0.964
8	0.7		0.942	0.951	1.069
9	0.8		1.018	1.055	1.172
10	0.9		1.121	1.135	1.276
Percepatan Aktual			0.576	0.519	0.498
Percepatan Teoritis			0.855	0.855	0.855
Error (%)			33	39	42
Rata-rata error			38		

Pada tabel 4 merupakan hasil dari pengambilan data waktu pada glbb atau gerak lurus berubah beraturan dengan kemiringan sudut 5° yang dimana nilai waktu dalam bentuk *second* dan nilai posisi dalam bentuk meter. Terdapat percepatan aktual yang didapat dari *Labview* dengan menggunakan pendekatan regresi polynomial berikut cara mendapatkan percepatan nya :

Rumus untuk mencari **Percepatan Aktual** dalam percobaan ini didapatkan dengan metode pendekatan regresi polynomial kuadrat (orde 2), yang bertujuan untuk mendapatkan hubungan antara jarak (x) dan waktu (t) dalam bentuk:

$$x = at^2 + bt + c$$

Dimana:

- a adalah koefisien kuadrat (parabola) yang terkait dengan percepatan.
- b adalah koefisien linear.
- c adalah konstanta awal.

Karena dalam GLBB kita tahu bahwa percepatan (a) berasal dari hubungan dasar $a = \frac{1}{2}at^2$. Maka percepatan (a) diperoleh dengan menggandakan koefisien a dari persamaan regresi kuadrat, yaitu:

$$a_{\text{aktual}} = 2 \times a_2$$

Pada percobaan 1, nilai **0.576 m/s²** diperoleh dengan menggunakan metode regresi polynomial kuadrat yang menghasilkan persamaan $x = a_2t^2 + bt + c$. Jika dari perhitungan didapat $a_2 = 0.2878$, dimana ini merupakan rata-rata perhitungan x/t^2 . Cara mendapatkan a_2 yaitu :

X (Waktu) = xi	Y (Jarak) = yi	xi^2	xi^3	xi^4	xiyi	xi^2yi
0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.107	0.1	0.011	0.001	0.000	0.011	0.001
0.212	0.2	0.045	0.009	0.002	0.042	0.009
0.292	0.3	0.085	0.025	0.007	0.088	0.026
0.370	0.4	0.137	0.051	0.019	0.148	0.055
0.445	0.5	0.198	0.088	0.039	0.223	0.099
0.495	0.6	0.245	0.121	0.060	0.297	0.147
0.574	0.7	0.329	0.189	0.108	0.401	0.230
0.627	0.8	0.393	0.246	0.154	0.501	0.314
0.680	0.9	0.463	0.315	0.214	0.612	0.417
Sigma	3.801	4.5	1.905	1.045	2.323	1.297

$$a_2 = \frac{\sum x^2 y - (\sum x^2 \times \sum y / n) - (\sum x^3 - (\sum x^2 \times \sum x / n)) \times (\sum xy - (\sum x \times \sum y / n) / (\sum x^2 - (\sum x \times \sum x / n)))}{(\sum x^4 - (\sum x^2 \times \sum x^2 / n)) - ((\sum x^3 - (\sum x^2 \times \sum x / n)) \times (\sum x^3 - (\sum x \times \sum x^2 / n) / (\sum x^2 - (\sum x \times \sum x / n)))}$$

$\sum x$ = Nilai penjumlahan dari waktu yaitu 6,273

$\sum y$ = Nilai penjumlahan dari jarak yaitu 4,5

n = Sensor yang digunakan yaitu sebanyak 10 sensor

$\sum x^2$ = Nilai penjumlahan dari waktu yang di kuadratkan yaitu 5,139

$\sum x^3$ = Nilai penjumlahan waktu yang dipangkatkan 3 yaitu 4,607

$\sum x^4$ = Nilai penjumlahan waktu yang dipangkatkan 4 yaitu 4,359

$\sum xy$ = Nilai penjumlahan dari waktu dan jarak yang dikalikann yaitu 3,318

$\sum x^2 y$ = Nilai penjumlahan dari waktu yang dikuadratkan dikalikan dengan jarak yaitu 3,487

$$\begin{aligned}
 a_2 &= \frac{3,487 - (5,139 \times 4,5 / 10) - ((4,607 - (5,139 \times 6,273 / 10)) \times (3,813 - (6,273 \times 4,5 / 10))) / (5,139 - (6,273 \times 6,273 / 10)))}{\frac{(4,359 - (5,139 \times 5,139 / 10)) - ((4,607 - (5,139 \times 6,273 / 10)) \times ((4,607 - (6,273 \times 5,193 / 10)) / (5,139 - (6,273 \times 6,273 / 10)))}{(3,487 - 2,313) - ((4,607 - 3,224) \times (3,813 - 2,823) / (5,139 - 3,935))}} \\
 &= \frac{(4,359 - 2,641) - ((4,607 - 3,224) \times (4,607 - 3,224) / (5,139 - 3,935))}{(1,174) - ((1,383) \times (0,990) / (1,204))} \\
 &= \frac{(1,718) - ((1,838) \times (1,838) / (1,204))}{(1,174) - (1,137)} \\
 &= \frac{(1,718) - (1,589)}{0,037} \\
 &= 0,128 \\
 a_2 &= 0,2878
 \end{aligned}$$

Kemudian diperoleh dari hasil regresi polinomial kuadrat menggunakan metode least squares, maka :

$$a_{\text{aktual}} = 2 \times 0,2878 = 0,576 \text{ m/s}^2$$

Dan **percepatan teoritis** dari rumus yaitu :

$$\text{Percepatan Teoritis} = \text{Gravitasi} \times \sin 5^\circ$$

Contoh nya seperti dari percobaan 1 :

$$= \text{Gravitasi} \times \sin 5^\circ$$

$$= 9,8 \times 0,0872$$

$$= 0,855$$

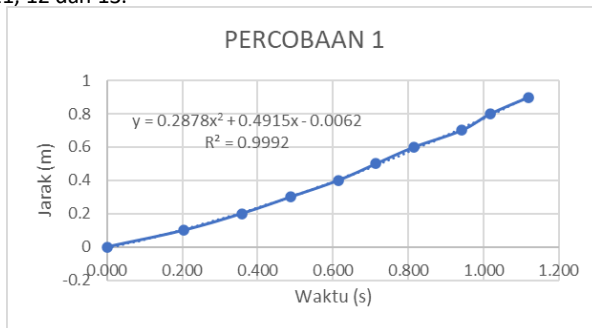
Kemudian selanjutnya terdapat nilai error dengan rumus :

$$\text{nilai Error} = \text{abs} \left[\frac{\text{Percepatan Aktual} - \text{Percepatan Teoritis}}{\text{Percepatan Teoritis}} \right] \times 100\%$$

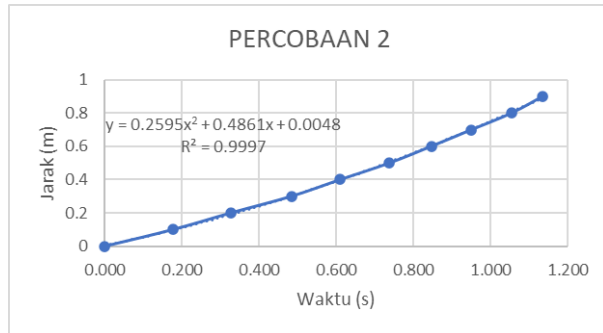
Contoh pada percobaan 1 yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{nilai Error} &= \text{abs} \left[\frac{0,575 - 0,855}{0,855} \right] \times 100\% \\
 &= 33\%
 \end{aligned}$$

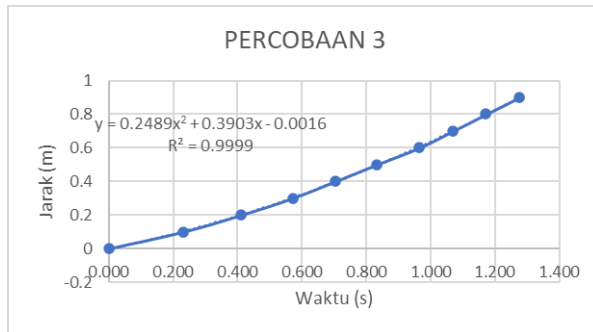
Yang kemudian menghasilkan grafik dari beberapa percobaan yang ada pada gambar 11, 12 dan 13.



Gambar 11. Percobaan 1 GLBB 5°



Gambar 12. Percobaan 2 GLBB 5°



Gambar 13. Percobaan 3 GLBB 5°

2. Melakukan Percobaan pada 10°

Tabel 5 Hasil Data GLBB 10°

Sensor	Jarak (m)	Derajat	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
			Waktu (s)	Waktu (s)	Waktu (s)
1	0	10°	0.000	0.000	0.000
2	0.1		0.130	0.157	0.158
3	0.2		0.261	0.286	0.291
4	0.3		0.390	0.413	0.392
5	0.4		0.494	0.515	0.498
6	0.5		0.572	0.617	0.578
7	0.6		0.650	0.697	0.684
8	0.7		0.751	0.776	0.761
9	0.8		0.829	0.856	0.841
10	0.9		0.883	0.933	0.918
		Percepatan Aktual	0.922	0.916	0.817
		Percepatan Teoritis	1.701	1.701	1.701
		Error (%)	46	46	52
		Rata-rata Error	48		

Pada tabel 5 merupakan hasil dari pengambilan data waktu pada glbb atau gerak lurus berubah beraturan dengan kemiringan sudut 10° yang dimana nilai waktu dalam bentuk *second* dan nilai posisi dalam bentuk meter. Terdapat percepatan aktual yang didapat dari *Labview* dengan menggunakan pendekatan regresi polinomial yang kemudian dikalikan 2 sesuai dengan turunan, berikut cara mendapatkan percepatan actual.

Rumus untuk mencari **Percepatan Aktual** dalam percobaan ini didapatkan dengan metode pendekatan regresi polynomial kuadrat (orde 2), yang bertujuan untuk mendapatkan hubungan antara jarak (x) dan waktu (t) dalam bentuk:

$$x = at^2 + bt + c$$

Dimana:

- *a* adalah koefisien kuadrat (parabola) yang terkait dengan percepatan.
- *b* adalah koefisien linear.
- *c* adalah konstanta awal.

Karena dalam GLBB kita tahu bahwa percepatan (a) berasal dari hubungan dasa $a = \frac{1}{2}at^2$. Maka percepatan (a) diperoleh dengan menggandakan koefisien a dari persamaan regresi kuadrat, yaitu:

$$a_{\text{aktual}} = 2 \times a_2$$

Pada percobaan 1, nilai **0.922 m/s²** diperoleh dengan menggunakan metode regresi polynomial kuadrat yang menghasilkan persamaan $x = a_2t^2 + bt + c$. Jika dari perhitungan didapat $a_2 = 0.461$, dimana ini merupakan rata-rata perhitungan x/t^2 . Mencari a_2 dengan cara yaitu :

X (Waktu) = xi	Y (Jarak) = yi	xi ²	xi ³	xi ⁴	xiyi	xi ² yi
0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.107	0.1	0.011	0.001	0.000	0.011	0.001
0.212	0.2	0.045	0.009	0.002	0.042	0.009
0.292	0.3	0.085	0.025	0.007	0.088	0.026
0.370	0.4	0.137	0.051	0.019	0.148	0.055
0.445	0.5	0.198	0.088	0.039	0.223	0.099
0.495	0.6	0.245	0.121	0.060	0.297	0.147
0.574	0.7	0.329	0.189	0.108	0.401	0.230
0.627	0.8	0.393	0.246	0.154	0.501	0.314
0.680	0.9	0.463	0.315	0.214	0.612	0.417
Sigma	3.801	4.5	1.905	1.045	2.323	1.297

$$a_2 = \frac{\sum x^2 y - (\sum x^2 \times \sum y / n) - (\sum x^3 - (\sum x^2 \times \sum x / n)) \times (\sum xy - (\sum x \times \sum y / n)) / (\sum x^2 - (\sum x \times \sum x / n))}{(\sum x^4 - (\sum x^2 \times \sum x^2 / n)) - ((\sum x^3 - (\sum x^2 \times \sum x / n)) \times ((\sum x^3 - (\sum x \times \sum x^2 / n)) / (\sum x^2 - (\sum x \times \sum x / n)))}$$

$\sum x$ = Nilai penjumlahan dari waktu yaitu 4,960

$\sum y$ = Nilai penjumlahan dari jarak yaitu 4,5

n = Sensor yang digunakan yaitu sebanyak 10 sensor

$\sum x^2$ = Nilai penjumlahan dari waktu yang di kuadratkan yaitu 3,262

$\sum x^3$ = Nilai penjumlahan waktu yang dipangkatkan 3 yaitu 2,343

$\sum x^4$ = Nilai penjumlahan waktu yang dipangkatkan 4 yaitu 1,771

$\sum xy$ = Nilai penjumlahan dari waktu dan jarak yang dikalikann yaitu 3,039

$\sum x^2 y$ = Nilai penjumlahan dari waktu yang dikuadratkan dikalikan dengan jarak yaitu 2,222

$$a_2 = \frac{2,222 - (3,262 \times 4,5 / 10) - ((2,343 - (3,262 \times 4,960 / 10)) \times (3,039 - (4,960 \times 4,5 / 10))) / (3,262 - (4,960 \times 4,960 / 10)))}{((1,771 - (3,262 \times 3,262 / 10)) - ((2,343 - (3,262 \times 4,960 / 10)) \times ((2,343 - (4,960 \times 3,262 / 10)) / (3,262 - (4,960 \times 4,960 / 10))))}$$

$$= \frac{(1,771 - 1,064) - ((2,343 - 1,618) \times (2,343 - 1,618) / (3,262 - 2,460))}{(1,771 - 1,064) - ((2,343 - 1,618) \times (2,343 - 1,618) / (3,262 - 2,460))}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(0,754) - ((0,725) \times (0,807) / (0,801))}{(0,707) - ((0,725) \times (0,725) / (0,801))} \\
 &= \frac{(0,754) - (0,730)}{(0,707) - (0,656)} \\
 &= \frac{0,023}{0,051} \\
 a_2 &= 0,4612
 \end{aligned}$$

Kemudian diperoleh dari hasil regresi polinomial kuadrat menggunakan metode least squares, maka :

$$a_{\text{aktual}} = 2 \times 0,461 = 0.922 \text{ m/s}^2$$

Dan percepatan teoritis dari rumus yaitu :

$$\text{Percepatan Teoritis} = \text{Gravitasi} \times \sin 10^\circ$$

Contoh nya seperti dari percobaan 1 :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Gravitasi} \times \sin 10^\circ \\
 &= 9,8 \times 0,1736 \\
 &= 1,701
 \end{aligned}$$

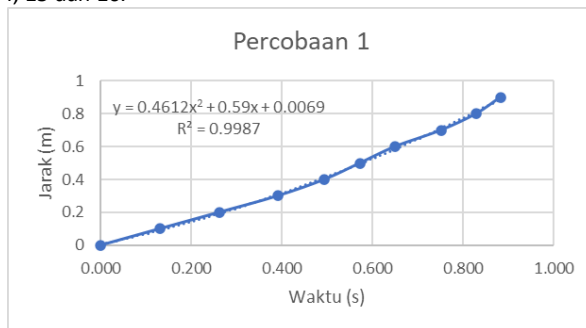
Kemudian selanjutnya terdapat nilai error dengan rumus :

$$\text{nilai Error} = \text{abs} \left[\frac{\text{Percepatan Aktual} - \text{Percepatan Teoritis}}{\text{Percepatan Teoritis}} \right] \times 100\%$$

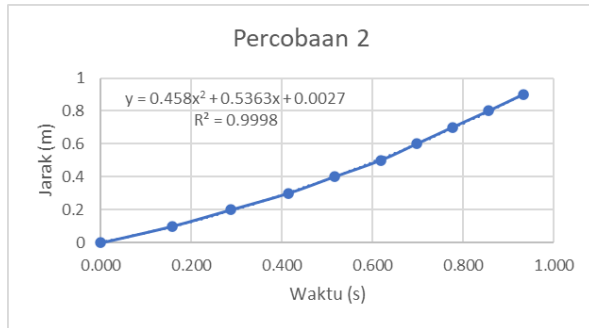
Contoh pada percobaan 1 yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{nilai Error} &= \text{abs} \left[\frac{0.922 - 1.701}{1.701} \right] \times 100\% \\
 &= 46\%
 \end{aligned}$$

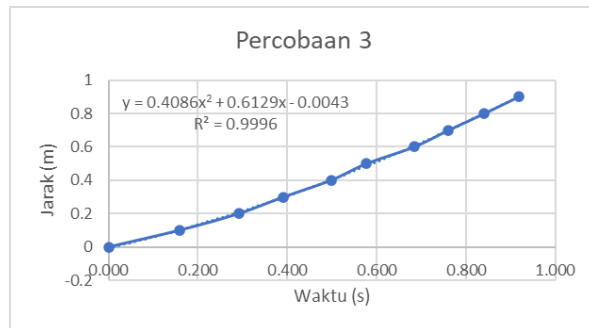
Yang kemudian menghasilkan grafik dari beberapa percobaan yang ada pada gambar 14, 15 dan 16.



Gambar 14. Percobaan 1 GLBB 10°



Gambar 15. Percobaan 2 GLBB 10°



Gambar 16. Percobaan 3 GLBB 10°

3. Melakukan percobaan pada 15°

Tabel 6 Hasil Data GLBB 15°

Sensor	Jarak (m)	Derajat	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
			Waktu (s)	Waktu (s)	Waktu (s)
1	0	15°	0.000	0.000	0.000
2	0.1		0.182	0.176	0.107
3	0.2		0.335	0.327	0.212
4	0.3		0.463	0.484	0.292
5	0.4		0.589	0.610	0.370
6	0.5		0.689	0.738	0.445
7	0.6		0.794	0.847	0.495
8	0.7		0.872	0.951	0.574
9	0.8		0.978	1.055	0.627
10	0.9		1.055	1.135	0.680
		Percepatan Aktual	1.494	1.223	1.530
		Percepatan Teoritis	2.536	2.536	2.536
		Error (%)	41	52	40
		Rata-rata error			44

Pada tabel 6 merupakan hasil dari pengambilan data waktu pada glbb atau gerak lurus berubah beraturan dengan kemiringan sudut 15° yang dimana nilai waktu dalam bentuk *second* dan nilai posisi dalam bentuk meter. Terdapat percepatan aktual dan percepatan teoritis.

Rumus untuk mencari **Percepatan Aktual** dalam percobaan ini didapatkan dengan metode pendekatan regresi polynomial kuadrat (orde 2), yang bertujuan untuk mendapatkan hubungan antara jarak (x) dan waktu (t) dalam bentuk:

$$x = at^2 + bt + c$$

Dimana:

- a adalah koefisien kuadrat (parabola) yang terkait dengan percepatan.
- b adalah koefisien linear.
- c adalah konstanta awal.

Karena dalam GLBB kita tahu bahwa percepatan (a) berasal dari hubungan dasa $a = \frac{1}{2}at^2$. Maka percepatan (a) diperoleh dengan menggandakan koefisien a dari persamaan regresi kuadrat, yaitu:

$$a_{\text{aktual}} = 2 \times a_2$$

Pada percobaan 3, nilai **1.530 m/s²** diperoleh dengan menggunakan metode regresi polynomial kuadrat yang menghasilkan persamaan $x = a_2t^2 + bt + c$. Jika dari perhitungan didapat $a_2 = 0.765$, dimana ini merupakan rata-rata perhitungan x/t^2 . Cara mendapatkan a_2 yaitu :

X (Waktu) =xi	Y (Jarak) = yi	xi^2	xi^3	xi^4	xiyi	xi^2yi
0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.107	0.1	0.011	0.001	0.000	0.011	0.001
0.212	0.2	0.045	0.009	0.002	0.042	0.009
0.292	0.3	0.085	0.025	0.007	0.088	0.026
0.370	0.4	0.137	0.051	0.019	0.148	0.055
0.445	0.5	0.198	0.088	0.039	0.223	0.099
0.495	0.6	0.245	0.121	0.060	0.297	0.147
0.574	0.7	0.329	0.189	0.108	0.401	0.230
0.627	0.8	0.393	0.246	0.154	0.501	0.314
0.680	0.9	0.463	0.315	0.214	0.612	0.417
Sigma	3.801	4.5	1.905	1.045	2.323	1.297

$$a_2 = \frac{\sum x^2 y - (\sum x^2 \times \sum y/n) - (\sum x^3 - (\sum x^2 \times \sum x/n)) \times (\sum xy - (\sum x \times \sum y/n)) / (\sum x^2 - (\sum x \times \sum x/n))}{(\sum x^4 - (\sum x^2 \times \sum x^2/n)) - ((\sum x^3 - (\sum x^2 \times \sum x/n)) \times ((\sum x^3 - (\sum x \times \sum x^2/n)) / (\sum x^2 - (\sum x \times \sum x/n)))}$$

$\sum x$ = Nilai penjumlahan dari waktu yaitu 3,801

$\sum y$ = Nilai penjumlahan dari jarak yaitu 4,5

n = Sensor yang digunakan yaitu sebanyak 10 sensor

$\sum x^2$ = Nilai penjumlahan dari waktu yang di kuadratkan yaitu 1,905

$\sum x^3$ = Nilai penjumlahan waktu yang dipangkatkan 3 yaitu 1.045

$\sum x^4$ = Nilai penjumlahan waktu yang dipangkatkan 4 yaitu 0,604

$\sum xy$ = Nilai penjumlahan dari waktu dan jarak yang dikalikann yaitu 2,323

$\sum x^2 y$ = Nilai penjumlahan dari waktu yang dikuadratkan dikalikan dengan jarak yaitu 1,297

$$a_2 = \frac{1,297 - (1,905 \times 4,5 / 10) - ((1,045 - (1,905 \times 3,801 / 10)) \times (2,323 - (3,801 \times 4,5 / 10)) / (1,905 - (3,801 \times 3,801 / 10)))}{\frac{(1,604 - (1,905 \times 1,905 / 10)) - ((1,045 - (1,905 \times 3,801 / 10)) \times ((1,045 - (3,801 \times 1,905 / 10)) / (1,905 - (3,801 \times 3,801 / 10)))}{(1,297 - 0,857) - ((1,045 - 0,724) \times (2,323 - 1,710) / (1,905 - 1,445))}}$$

$$= \frac{(0,604 - 0,363) - ((1,045 - 0,724) \times (1,045 - 0,724) / (1,905 - 1,445))}{(0,604 - 0,363) - ((1,045 - 0,724) \times (1,045 - 0,724) / (1,905 - 1,445))}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(0,440) - ((0,321) \times (0,613) / (0,461))}{(0,241) - ((0,321) \times (0,321) / (0,461))} \\
 &= \frac{(0,440) - (0,426)}{0,013} \\
 &= \frac{0,014}{0,018}
 \end{aligned}$$

$$a_2 = 0,7651$$

Kemudian diperoleh dari hasil regresi polinomial kuadrat menggunakan metode least squares, maka :

$$a_{\text{aktual}} = 2 \times 0,765 = 1,530 \text{ m/s}^2$$

Kemudian percepatan teoritis dari rumus yaitu :

$$\text{Percepatan Teoritis} = \text{Gravitasi} \times \sin 15^\circ$$

Contoh nya seperti dari percobaan 1 :

$$= \text{Gravitasi} \times \sin 15^\circ$$

$$= 9,8 \times 2,588$$

$$= 2,536$$

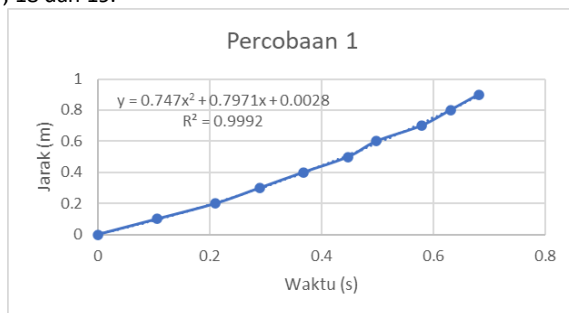
Kemudian selanjutnya terdapat nilai error dengan rumus :

$$\text{nilai Error} = \text{abs} \left[\frac{\text{Percepatan Aktual} - \text{Percepatan Teoritis}}{\text{Percepatan Teoritis}} \right] \times 100\%$$

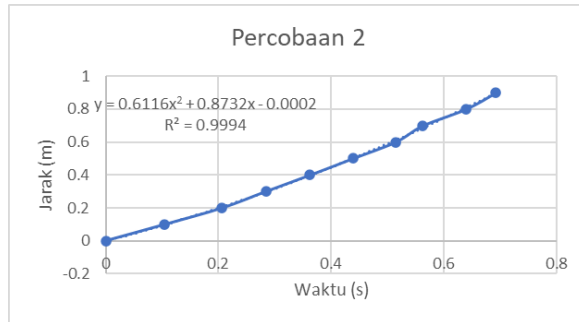
Contoh pada percobaan 1 yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{nilai Error} &= \text{abs} \left[\frac{1,494 - 2,536}{2,536} \right] \times 100\% \\
 &= 41\%
 \end{aligned}$$

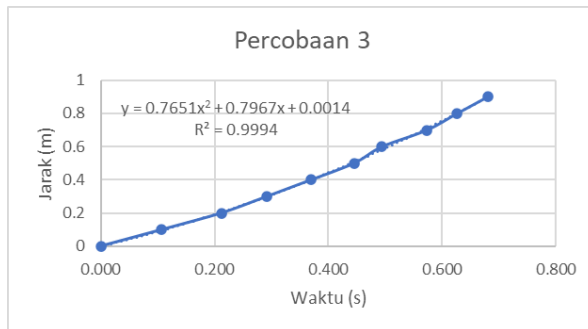
Yang kemudian menghasilkan grafik dari beberapa percobaan yang ada pada gambar 17, 18 dan 19.



Gambar 17. Percobaan 1 GLBB 15°



Gambar 18. Percobaan 2 GLBB 15°



Gambar 19. Percobaan 3 GLBB 15°

4.1.3 Gerak Jatuh Bebas

Tabel 7 Hasil Data GJB 90°

GJB						
Sensor	Jarak (m)	Waktu(s) Percobaan Ke -				
		1	2	3	4	5
1	1,105	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	1,005	0,085	0,095	0,095	0,097	0,095
3	0,91	0,131	0,143	0,131	0,143	0,130
4	0,81	0,168	0,176	0,183	0,188	0,179
5	0,675	0,218	0,223	0,220	0,234	0,225
6	0,575	0,242	0,257	0,258	0,259	0,249
7	0,475	0,267	0,280	0,283	0,293	0,272
8	0,375	0,303	0,314	0,319	0,318	0,309
9	0,275	0,327	0,338	0,344	0,354	0,334
10	0,175	0,349	0,362	0,355	0,365	0,358
Percepatan aktual		9,85	9,82	9,86	9,87	9,8
Percepatan teoritis		9,8	9,8	9,8	9,8	9,8
Error%		0,51	0,20	0,61	0,71	0

Percepatan dapat dihasilkan dengan menghitung perubahan kecepatan (Δv) dalam selang waktu tertentu (Δt). Berdasarkan data pada tabel dan grafik, kecepatan (v) diperoleh dari kemiringan grafik jarak terhadap waktu ($s(t)$) menggunakan metode turunan atau dengan menghitung rasio perubahan jarak terhadap waktu ($v = \Delta s / \Delta t$). Setelah mendapatkan kecepatan di setiap titik waktu, percepatan (a) dihitung dari kemiringan grafik kecepatan terhadap waktu ($v(t)$) menggunakan rumus $a = \Delta v / \Delta t$. Dalam konteks gerak jatuh bebas, percepatan biasanya konstan dan setara dengan percepatan gravitasi (g).

Hubungan Waktu, Jarak, dan Percepatan:

- Waktu (t): Merupakan variabel bebas yang terus bertambah.
- Jarak (s): Bertambah seiring waktu, dengan laju yang bergantung pada percepatan.
- Percepatan (a): Konstan pada gerak jatuh bebas (seperti pada percobaan ini), sehingga kecepatan bertambah secara linier terhadap waktu.

Dengan kata lain, waktu memengaruhi percepatan secara langsung, sedangkan jarak dipengaruhi oleh percepatan dan waktu secara kuadrat ($s \propto t^2$).

Pada tabel 7 merupakan hasil dari pengambilan data waktu pada glbb atau gerak lurus berubah beraturan dengan kemiringan sudut 90° yang dimana nilai waktu dalam bentuk *second* dan nilai posisi dalam bentuk meter. Terdapat percepatan aktual yang didapat dari *Labview* dengan menggunakan pendekatan regresi yang kemudian dikalikan 2 sesuai dengan turunan dan percepatan teoritis dari rumus yaitu :

Percepatan Aktual

Rumus untuk mencari percepatan aktual dalam percobaan ini didapatkan dengan metode pendekatan regresi polynomial kuadrat (orde 2), yang bertujuan untuk mendapatkan hubungan antara jarak (x) dan waktu (t) dalam bentuk:

$$x = at^2 + bt + c$$

Dimana:

- a adalah koefisien kuadrat (parabola) yang terkait dengan percepatan.
- b adalah koefisien linear.
- c adalah konstanta awal.

Karena dalam GLBB kita tahu bahwa percepatan (a) berasal dari hubungan $a = \frac{1}{2}at^2$. Maka percepatan (a) diperoleh dengan menggandakan koefisien a dari persamaan regresi kuadrat, yaitu:

$$a_{\text{aktual}} = 2 \times a_2$$

Hitung a_2 :

Tabel 8 Perhitungan Sigma GJB

X (Waktu) = xi	Y (Jarak) = yi	xi^2	xi^3	xi^4	xiyi	xi^2yi
0.000	1.105	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.085	1.01	0.007	0.001	0.000	0.086	0.007
0.131	0.91	0.017	0.002	0.000	0.119	0.016
0.168	0.81	0.028	0.005	0.001	0.136	0.023
0.218	0.68	0.048	0.010	0.002	0.148	0.032
0.242	0.58	0.059	0.014	0.003	0.140	0.034
0.267	0.48	0.071	0.019	0.005	0.128	0.034

	0.303	0.38	0.092	0.028	0.008	0.115	0.035
	0.327	0.28	0.107	0.035	0.011	0.092	0.030
	0.349	0.18	0.122	0.043	0.015	0.063	0.022
Sigma	2.090	6.415	0.551	0.157	0.047	1.028	0.233

$$\frac{\sum x^2y - (\sum x^2 \times \sum y/n) - (\sum x^3 - (\sum x^2 \times \sum x/n)) \times (\sum xy - (\sum x \times \sum y/n)) / (\sum x^2 - (\sum x \times \sum x/n))}{(\sum x^4 - (\sum x^2 \times \sum x^2/n)) - ((\sum x^3 - (\sum x^2 \times \sum x/n)) \times (\sum x^3 - (\sum x \times \sum x^2/n)) / (\sum x^2 - (\sum x \times \sum x/n)))}$$

$\sum x$ = Nilai penjumlahan dari waktu yaitu 2,090

$\sum y$ = Nilai penjumlahan dari jarak yaitu 6,38

n = Sensor yang digunakan yaitu sebanyak 10 sensor

$\sum x^2$ = Nilai penjumlahan dari waktu yang di kuadratkan yaitu 0,550

$\sum x^3$ = Nilai penjumlahan waktu yang dipangkatkan 3 yaitu 0,156

$\sum x^4$ = Nilai penjumlahan waktu yang dipangkatkan 4 yaitu 0,046

$\sum xy$ = Nilai penjumlahan dari waktu dan jarak yang dikalikan yaitu 1,018

$\sum x^2y$ = Nilai penjumlahan dari waktu yang dikuadratkan dikalikan dengan jarak yaitu 0,230

$$= \frac{0,230 - (0,550 \times \frac{6,38}{10}) - (0,156 - (0,550 \times \frac{2,090}{10})) \times (2,090 \times \frac{6,38}{10}) / (0,550 - (2,090 \times \frac{2,090}{10}))}{(0,046 - (0,550 \times \frac{0,550}{10})) - ((0,156 - (0,550 \times \frac{2,090}{10})) \times 0,156 - (2,090 \times \frac{0,550}{10})) / (0,550 - (2,090 \times \frac{2,090}{10}))}$$

$$a_2 = \frac{0,120 - 0,114}{0,016 - 0,015}$$

$$a_2 = \frac{0,006}{0,001} = 4,92$$

Sehingga dapat di hitung $a_{aktual} = 2 \times 4,92 = 9,85$, sehingga $g = 9,85 \text{ m/s}^2$.

Percepatan Teoritis = Gravitasi $\times \sin 90^\circ$

Contoh nya seperti dari percobaan 1 :

= Gravitasi $\times \sin 90^\circ$

= $9,8 \times 1$

= $9,8 \text{ m/s}^2$.

Kemudian selanjutnya terdapat nilai error dengan rumus :

$$\text{nilai Error}\% = \text{abs} \left| \frac{\text{Percepatan Aktual} - \text{Percepatan Teoritis}}{\text{Percepatan Teoritis}} \right| 100\%$$

Contoh pada percobaan 1 yaitu :

$$\text{niali Error}\% = \text{abs} \left| \frac{9,85 - 9,8}{9,8} \right| 100\% = 0,51\%$$

Yang kemudian menghasilkan grafik dari beberapa percobaan yang ada pada gambar 20, 21, 22, 24 dan 24.

Pada Gambar 22. Percobaan 3 GJB, terjadi perbedaan dimana jarak 1 meter ditempuh dalam 0,1 detik dan jarak 0,2 meter ditempuh dalam waktu 0,35 detik. Perbedaan ini disebabkan oleh karakteristik gerak jatuh bebas (GJB) di mana percepatan gravitasi konstan (g). Pada jarak awal (1m), benda bergerak dengan percepatan maksimum sehingga kecepatan sangat tinggi. Akibatnya, waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak tersebut relatif kecil. Sebaliknya, pada jarak yang lebih dekat ke akhir (0,2m), kecepatan benda cenderung menurun karena berada pada posisi akhir lintasan percobaan, sehingga waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak kecil tersebut menjadi lebih panjang.

Hal ini sesuai dengan hukum gerak jatuh bebas dari data kurva jarak terhadap waktu yang menyatakan bahwa hubungan antara waktu (t) dan jarak (s) mengikuti persamaan $s = \frac{1}{2}at^2$.

$$s(t) = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$$

- s_0 = posisi awal
- v_0 = kecepatan awal
- a = percepatan
- t = waktu

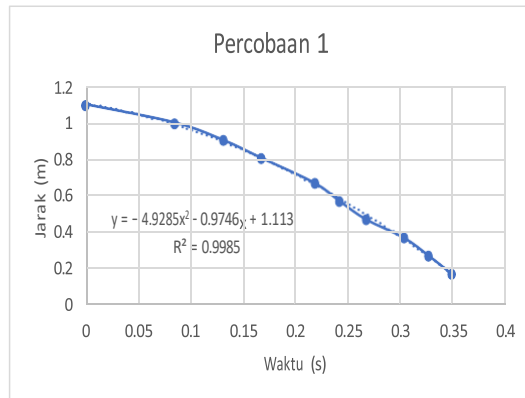
Grafik posisi terhadap waktu ($s - t$)

- Berbentuk kurva parabola.
- Jika $a > 0$ (percepatan positif), grafik melengkung ke atas.
- Jika $a < 0$ (percepatan negatif), grafik melengkung ke bawah.

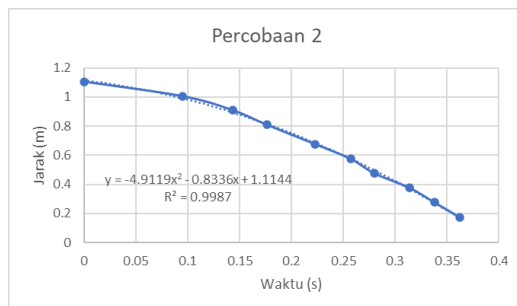
Grafik kecepatan terhadap waktu ($v - t$)

- Berbentuk garis lurus
- Gradien garis menunjukkan percepatan a

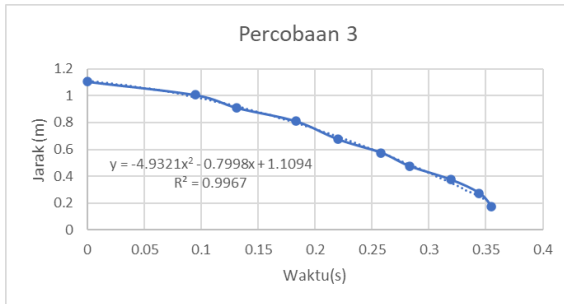
Dalam konteks ini, waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak tambahan kecil akan semakin besar ketika kecepatan benda berkurang, meskipun percepatan tetap konstan sepanjang lintasan.



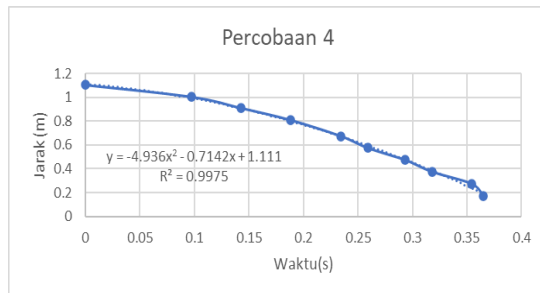
Gambar 20. Percobaan 1 GJB



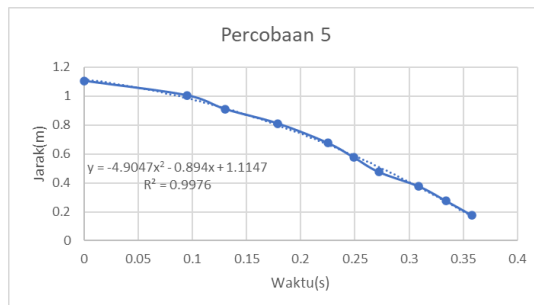
Gambar 21. Percobaan 2 GJB



Gambar 22. Percobaan 3 GJB



Gambar 23. Percobaan 4 GJB



Gambar 24. Percobaan 5 GJB

4.2. Pembahasan

1. Pengujian Gerak Lurus Beraturan

Pada tabel 3 hasil pengukuran menunjukkan adanya hubungan antara waktu dalam bentuk *second* dan posisi dalam bentuk meter yang digunakan dalam gerak lurus beraturan. Saat alat uji melaju melewati sensor dengan jarak, maka waktu akan meningkat dengan kecepatan yang konstan. Hasil dari tabel 3 berupa kecepatan didapat melalui perhitungan dengan rumus :

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

Dengan adanya rumus tersebut menjadi alasan dalam perhitungan, sehingga memengaruhi hasil data dari pengujian yang telah dilakukan sebelum nya berupa data yang konstan.

Selain tabel terdapat pula grafik, grafik pada gerak lurus beraturan menunjukkan hubungan antara jarak dan waktu yang bersifat linear, yang memperlihatkan bahwa alat uji bergerak dengan konstan. Pada grafik yang tertera pada kelima percobaan tersebut menggunakan regresi linear dengan rumus :

$$Y = a + bX$$
$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$
$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

Garis lurus yang tertera menyatakan bahwa perubahan jarak dengan waktu proposional. Dari tabel dan grafik tersebut menyimpulkan bahwa alat uji mengalami gerak lurus beraturan dengan kecepatan tetap.

Nilai persentase error dari percobaan pada gerak lurus beraturan cukup kecil yang menandakan bahwa alat uji baik dan dapat digunakan untuk praktikum mahasiswa.

2. Pengujian Gerak Lurus Berubah Beraturan

Pada tabel 5, 6 dan 7 berisi data pengujian gerak lurus berubah beraturan dengan beberapa kemiringan sudut diantaranya 5°, 10° dan 15° dari suatu objek yang melintas. Pengujian Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) bertujuan untuk memahami sifat-sifat gerak ini secara eksperimental. Pengujian ini melibatkan pengukuran kecepatan, percepatan, waktu, dan jarak tempuh dalam lintasan. Posisi objek diukur pada interval waktu tertentu. Dari tabel yang disajikan, terlihat bahwa posisi objek bertambah semakin cepat setiap detiknya. Hal ini mengindikasikan bahwa objek mengalami gerak lurus berubah beraturan, di mana percepatan positif menyebabkan peningkatan posisi yang semakin signifikan seiring waktu. media yang digunakan berupa mobil-mobilan dan kereta mainan.

Selain tabel, terdapat juga grafik yang menunjukkan hubungan antara jarak dan waktu pada gerak lurus berubah beraturan. Grafik tersebut berbentuk kurva yang memperlihatkan bahwa alat uji bergerak dengan percepatan konstan. Garis

melengkung ke atas pada grafik menunjukkan bahwa jarak bertambah seiring waktu secara proporsional. Dari tabel dan grafik ini dapat disimpulkan bahwa alat uji mengalami gerak lurus berubah beraturan dengan percepatan yang tetap.

Nilai persentase error yang diperoleh pada beberapa percobaan yaitu 5° sebesar 46%, 10° sebesar 48% dan 15° sebesar 44% pada gerak lurus berubah beraturan dihasilkan karena adanya gaya gesek yang terdapat pada papan lintasan yang mengakibatkan nilai error yang cukup besar dan pada proyek akhir ini tidak memperhitungkan gaya gesek yang ada.

3. Pengujian Gerak Jatuh Bebas

Gerak Jatuh Bebas adalah gerakan benda yang hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi tanpa adanya gaya lain. Hasil percobaan GJB menunjukkan bahwa percepatan benda mendekati nilai gravitasi bumi, yaitu $g = 9.8 \text{ m/s}^2$. Pada tabel hasil menunjukkan hubungan antara jarak tempuh (s) dan waktu tempuh (t), di mana nilai percepatan dihitung menggunakan rumus:

$$g = \frac{2s}{t^2}$$

Beberapa data percobaan yang tercatat adalah sebagai berikut:

1. Untuk jarak $s = 0,8 \text{ m}$, waktu $t = 0,4 \text{ s}$

$$g = \frac{2 \cdot 0,8}{(0,4)^2}$$

$$g = \frac{1,6}{0,16} = 10 \text{ m/s}^2$$

Dalam kasus ini, hasil yang disebutkan ($g \approx 9,7 \text{ m/s}^2$) telah disesuaikan atau dihitung dengan mempertimbangkan toleransi pengukuran.

2. Untuk jarak $s = 1,2 \text{ m}$, waktu $t = 0,49 \text{ s}$

$$g = \frac{2 \cdot 1,2}{(0,49)^2}$$

$$g = \frac{2,4}{0,2402} = 9,99 \text{ m/s}^2$$

Dalam kasus ini, hasil yang disebutkan ($g = 9,6 \text{ m/s}^2$) merupakan hasil pengukuran rata-rata atau pembulatan setelah mempertimbangkan pengaruh hambatan udara atau penyimpangan alat.

Grafik jarak terhadap waktu menunjukkan pola kuadratik, hal ini sesuai dengan teori bahwa jarak benda dalam gerak jatuh bebas sebanding dengan kuadrat waktu ($s \propto t^2$). Grafik kecepatan terhadap waktu menunjukkan garis lurus dengan gradien yang mendekati nilai gravitasi bumi.

Analisis grafik menunjukkan :

1. Grafik Jarak terhadap Waktu: Grafik ini menunjukkan kurva kuadratik, yang mengindikasikan bahwa benda mengalami percepatan konstan selama jatuh bebas.

2. Grafik Kecepatan terhadap Waktu: Grafik ini menunjukkan garis lurus dengan kemiringan mendekati $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, yang berarti kecepatan benda meningkat secara linier seiring waktu.

Hasil percobaan GJB menunjukkan bahwa percepatan benda mendekati nilai gravitasi bumi, yaitu $g = 9.8 \text{ m/s}^2$. Grafik jarak terhadap waktu menunjukkan pola kuadratik, sementara grafik kecepatan terhadap waktu membentuk garis lurus dengan gradien mendekati nilai gravitasi bumi. Percepatan gravitasi yang dihitung dari data ($g \approx 9,6 \text{ m/s}^2$) menunjukkan sedikit penyimpangan akibat hambatan udara dan toleransi alat, namun tetap sesuai dengan hasil teoritis.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Ristiawan (2018) yang menggunakan metode Video-Based Laboratory (VBL) untuk menganalisis GJB, di mana percepatan gravitasi yang dihitung juga menunjukkan hasil mendekati nilai ideal $g = 9.8 \text{ m/s}^2$. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa hambatan udara memengaruhi hasil eksperimen nyata. Hal ini mendukung teori Galileo bahwa semua benda jatuh bebas dengan percepatan yang sama jika pengaruh hambatan udara diabaikan. Alat peraga yang digunakan dalam percobaan ini memberikan hasil yang valid dan dapat diandalkan untuk mempelajari konsep percepatan gravitasi.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan Analisa pada sistem yang telah dibuat dan diuji coba, maka dapat beberapa kesimpulan yaitu :

Penelitian ini dibuat sebagai alat peraga praktikum mahasiswa terkhusus pada bidang ilmu fisika dengan menggunakan sensor *obstacle* yang berfungsi menangkap nilai waktu dari alat uji yang melintas dibantu mikrokontroler Arduino uno. Alat ini mengolah data yaitu data kecepatan bagi glb (gerak lurus beraturan) dan percepatan pada glbb (gerak lurus berubah beraturan) dan gjb (gerak jatuh bebas), data yang di dapat diolah pada aplikasi *Labview* yang membantu mentrigger awal dan akhir sensor *obstacle*.

Berdasarkan data hasil pengujian yang didapat, kecepatan pada glb yang diperoleh sudah sesuai dengan rumus teoritis dengan konstanta jarak per waktu yang hasil data nya berupa data yang konstan kemudian terdapat hasil data gjb dengan hasil yang didapat mendekati nilai ideal gravitasi yaitu sebesar $9,8 \text{ m/s}^2$ serta terdapat gerak lurus berubah beraturan yang apabila semakin besar sudut maka akan semakin besar percepatan. Dengan bantuan dari *interface Labview* , hasil yang diperoleh akan dapat ditampilkan dan diperlihatkan.

5.2. Saran

1. Pada penelitian dan alat lebih lanjut, penulis menyarankan untuk melakukan pergantian sensor dari sensor *obstacle* menjadi sensor yang lebih responsif seperti ultrasonik atau kapasitif, karena pembacaan sensor *obstacle* dapat dengan mudah dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Adanya gangguan dari cahaya lain, membuat sensor *obstacle* memberikan hasil yang tidak sesuai serta sensor *obstacle* memiliki kelemahan pada akurasi pengukuran terlebih pada jarak yang cukup jauh.
2. Pada pengujian GLBB untuk lebih lanjut dapat menghitung gaya gesek yang ada.
3. Pada saat kemiringan diatas 20° disarankan untuk menggunakan alat peraga yang cukup berat agar laju saat turun tidak terlalu cepat sehingga sensor dapat membaca waktu yang dikeluarkan.
4. Disarankan untuk alat peraga pada gerak lurus beraturan menggunakan alat yang menghasilkan kecepatan secara konstan.

Daftar Pustaka

- Dasriyani Y, Hufri dan Yohandri (2014). "Pembuatan Set Eksperimen Gerak Jatuh Bebas Berbasis Mikrokontroller Dengan Tampilan PC, vol. VI No. 1: 84-95, Juni 2014.
- Rasdianto H. (2018). "Rancang Bangun Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas Dengan *STOPWATCH* Otomatis Sederhana, vol. 3 No. 1: 20 – 23, Maret 2018.
- Ristiawan, A. (2018). "Journal of Teaching and Learning Physics" *Analisis Gerak Jatuh Bebas dengan Metode Video Based Laboratory (VBL) Menggunakan Software Tracker*, vol. 3, pp. 26 – 30, 2018.
- Sirait, I, S. (2018). Modul Praktikum GLB dan GLBB berbasis *Labview* Laporan Proyek Akhir. T.A. Politeknik Negeri Batam.
- Pramana R dan Nababan R (2019). "Perancangan Perangkat Penghitung Jumlah Penumpang Pada Kapal Komersial menggunakan Mikrokontroller", vol. 08 No. 1: 18 – 29, Mei 2019.
- Onny Octaviani A, Budi Rahmadya dan Rahmi Eka P (2018). "Sistem Peringatan Dini Bencana Longsor Menggunakan Sensor *Accelerometer* dan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Android", vol. 02 No. 02: 64 – 70, September 2018
- Supriyatna, S. dan Roza, L. (2021). "Jurnal Inovasi Penelitian" *Analisis ke Akuratan Sensor Inframerah dan Stopwatch pada Praktik GLB dan GLBB*, vol. 2, pp. 69-78, Juni 2021.
- Suryantoro, H dan Budiyanto, A. (2019). "Indonesian Journal Of Laboratory" *PROTOTYPE SISTEM MONITORING LEVEL AIR BERBASIS LABVIEW & ARDUINO SEBAGAI SARANA PENDUKUNG PRAKTIKUM INSTRUMENTASI SISTEM KENDALI*, vol. 01, pp. 20 – 32, Juli 2019.

Biodata

	Nama TTL Agama Alamat Email Riwayat Pendidikan	: Lenggo Andrizein Pratama : Batam, 11 mei 2002 : Islam : Perum Fortuna Raya Blok LL No. 04 : pratamalenggo08@gmail.com SMA/SMK : SMKN 5 Batam SMP : SMPN 21 Batam
	Nama TTL Agama Alamat Email Riwayat Pendidikan	: Aprian Yosua Hery Boy S. : Batam, 05 April 2002 : Kristen : Kavling Kabil Indah, Blok D6 No. 15 - 16 : aprianvosua123@gmail.com SMA/SMK : SMKN 6 Batam SMP : SMPN 28 Batam
	Nama TTL Agama Alamat Email Riwayat Pendidikan	: Ikha Azhari Mayaningrum Sirait : Madiun, 7 Oktober 2002 : Islam : Bukit Kemuning Blok D4 No.10 : ikhaazhari07@gmail.com SMA/SMK : SMAN 16 Batam SMP : SMPN 16 Batam
	Nama TTL Agama Alamat Email Riwayat Pendidikan	: Teguh Farid Ramadhan : Pekanbaru, 8 November 2002 : Islam : Perum Taman Persona Indah Blok B3 No. 11 : teguhfamidR@gmail.com SMA/SMK : SMKN 5 Batam SMP : SMPN 50 Batam

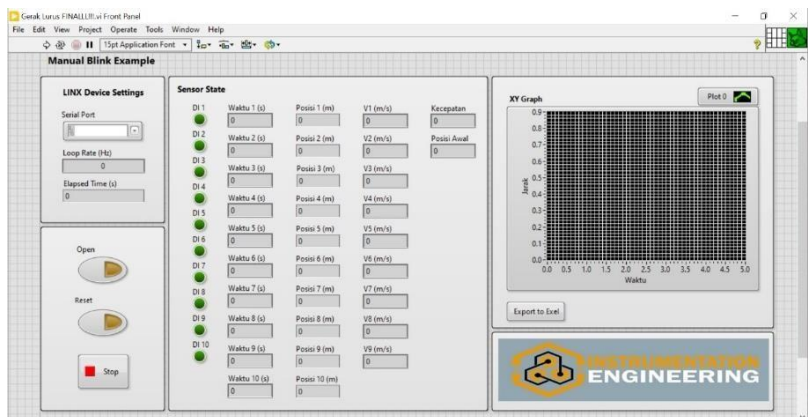
Lampiran



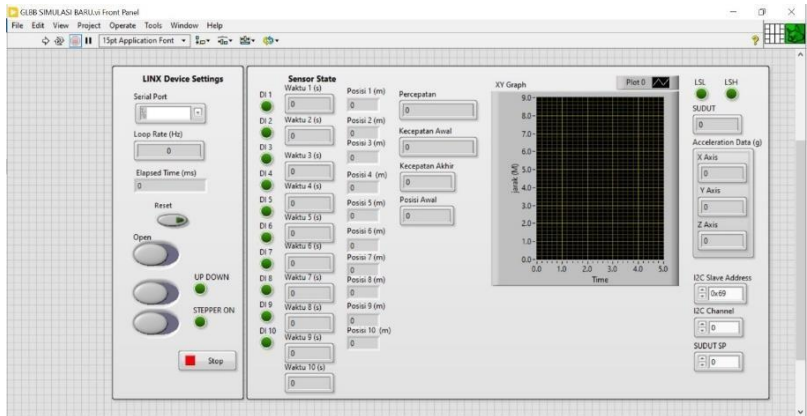
Gambar 25. Alat Gerak Lurus



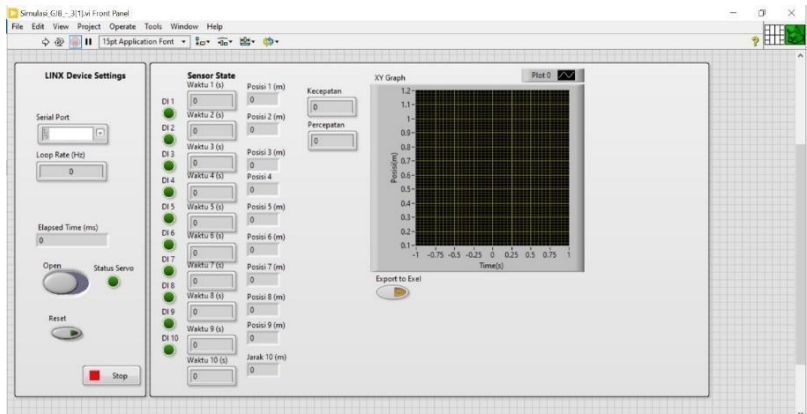
Gambar 26. Alat Gerak Jatuh Bebas



Gambar 27. Interface GLB



Gambar 28. Interface GLBB



Gambar 29. Interface GJB