



# **Modul Gerak Jatuh Bebas**

## **Proyek Akhir**

**Oleh:**

**M. Fadhil Fawwaz (3232111038)**

**Program Studi Teknik Instrumentasi  
Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Batam  
2023**

## Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : " Modul Gerak Jatuh Bebas" 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, 29 Juli 2023



---

M. Fadhil Fawwaz  
NIM: 3232111038

## Lembar Pengesahan

Proyek Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya  
Teknik (AMd.T.)

di  
Politeknik Negeri Batam

Oleh:  
M. Fadhil Fawwaz (3232111038)

Tanggal Sidang: 31 Juli, 2023

Disetujui oleh :



1. Kamarudin, S.T, M.T  
NIK:110071



Asrizal Deri Futra, S.Si, M.Si  
NIK: 115133



2. Handri Toar, S.ST., M.Tr.T.  
NIK: 113114

## [KIT Gerak Lurus Dan Koefisien Gesek]

### Abstrak

Penelitian ini memperkenalkan KIT (Konsep dan Implementasi Teknologi) yang telah dirancang dengan tujuan utama untuk memfasilitasi pemahaman siswa mengenai gerak lurus dan koefisien gesek statis dalam bidang fisika. KIT ini memberikan dukungan yang inovatif dalam pengembangan konsep-konsep ini melalui pendekatan eksperimen langsung dan visualisasi data yang menarik.

Komponen utama dari KIT ini meliputi perangkat keras berupa papan lintasan yang disesuaikan permukaannya, objek penggerak, dan sensor-sensor pengukuran yang presisi. Dengan kombinasi teknologi ini, siswa dapat melakukan eksperimen dengan mudah dan mendapatkan data yang akurat. Dalam eksperimen gerak lurus beraturan, waktu dan jarak sensor menunjukkan keterkaitan linier, sejalan dengan hasil modul GLB yang memvalidasi kecepatan yang tetap. Modul GLBB menggambarkan percepatan positif dalam perubahan posisi objek seiring waktu. Data dari modul koefisien gesek mengungkapkan variasi koefisien gesek statis, yang bervariasi berdasarkan jenis bahan dan sudut kemiringan. Dalam konteks gerak jatuh bebas pada modul GJB, hasil eksperimen mengonfirmasi konsep gerak jatuh bebas dan penerapan hukum gravitasi. Dengan demikian, KIT ini memfasilitasi pembelajaran fisika dengan pendekatan eksperimental dan perangkat lunak. Integrasi teknologi membantu siswa dalam memahami dengan lebih baik konsep gerak lurus, koefisien gesek statis, dan gerak jatuh bebas. Perangkat lunak sebagai antarmuka pengendali dan alat analisis data berperan penting dalam meningkatkan akurasi dan pemahaman siswa. Oleh karena itu, KIT ini memiliki potensi untuk meningkatkan minat dan prestasi belajar siswa dalam studi fisika. Dengan adanya KIT ini, pembelajaran fisika dapat lebih efektif dan interaktif, membantu siswa menjembatani konsep fisika dengan aplikasi praktis dalam kehidupan sehari-hari.

Kata kunci: KIT (Konsep dan Implementasi Teknologi), Gerak Lurus, Koefisien gesek statis, Fisika, Perangkat Lunak.

# [KIT Straight Motion and Coefficient of Friction]

## **Abstract**

*This research introduces a KIT (Concepts and Implementation Technology) that has been designed with the main objective of facilitating students' understanding of straight motion and static coefficient of friction in physics. The KIT provides innovative support in the development of these concepts through a hands-on experimental approach and engaging data visualization. The main components of the KIT include hardware in the form of a customizable trajectory board, a drive object, and precise measurement sensors. With this combination of technologies, students can conduct experiments easily and obtain accurate data. In the regular straight motion experiment, time and sensor distance show a linear relationship, in line with the GLB module results that validate a steady speed. The GLBB module illustrates positive acceleration in the change of object position over time. Data from the coefficient of friction module revealed variations in the static coefficient of friction, which varies by material type and angle of inclination. In the context of free fall motion in the GJB module, the experimental results confirm the concept of free fall motion and the application of the law of gravity. Thus, this KIT facilitates physics learning with experimental and software approaches. The integration of technology helps students in better understanding the concepts of straight motion, static friction coefficient, and free fall motion. The software as the controlling interface and data analysis tool plays an important role in improving accuracy and student understanding. Therefore, this KIT has the potential to increase students' interest and learning achievement in physics studies. With this KIT, physics learning can be more effective and interactive, helping students bridge physics concepts with practical applications in everyday life.*

*Keywords: KIT (Concept and Implementation Technology), Straight Motion, Static coefficient of friction, Physics, Software.*

## Kata Pengantar

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan akhir ini. Laporan ini disusun sebagai bagian dari tugas akhir dalam rangka memenuhi persyaratan ke lulusan pada program studi Teknik Instrumentasi di Politeknik Negeri Batam. Laporan akhir ini merupakan hasil kerja sama dan kontribusi dari anggota kelompok kami [KIT Gerak Lurus dan Koefisien Gesek]. Kami bersama-sama menjalankan penelitian, eksperimen, dan analisis dalam konteks "KIT Gerak Lurus dan Koefisien Gesek" guna menghadirkan laporan ini. Kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bpk. Asrizal Deri Futra, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing kami, yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan masukan yang berharga sepanjang penulisan laporan ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada adik angkatan dan semua anggota kelompok lainnya yang telah berkontribusi aktif dalam penelitian ini. Tak lupa, ucapan terima kasih kami tujukan kepada keluarga dan orang-orang tercinta kami yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi dalam perjalanan kami menyelesaikan tugas akhir ini. Kami menyadari bahwa laporan ini mungkin memiliki kekurangan dan keterbatasan tertentu. Oleh karena itu, masukan dan saran konstruktif dari pembaca sangatlah berharga bagi kelompok kami untuk perbaikan dan pengembangan di masa depan.

Akhir kata, kami berharap laporan akhir ini dapat memberikan kontribusi dan manfaat dalam pemahaman kita tentang konsep gerak lurus dan pengaruh koefisien gesek pada sistem benda. Semoga laporan ini dapat menjadi referensi yang berguna bagi mahasiswa, peneliti, dan semua pihak yang tertarik dalam bidang ini.

Terima kasih atas perhatian dan kesempatan yang diberikan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan keberkahan-Nya kepada kita semua.

Batam, 29 Juli 2023

Kelompok penulis:

1. Ahmad Kadafi
2. Brayend Dimas Anggoro
3. M.Fadhil Fawwaz

# Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Abstrak.....	ii
<i>Abstract</i> .....	iv
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vi
Daftar Gambar .....	viii
Daftar Tabel .....	viii
Bab 1. Pendahuluan .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Luaran.....	2
1.5. Manfaat .....	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka .....	3
2.1 KIT Trainer Gerak Lurus dan Koefisien Gesek.....	3
2.1.1 Gerak Lurus Beraturan (GLB).....	3
2.1.2 Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) .....	4
2.1.3 Gerak Jatuh Bebas (GJB) .....	5
2.1.4 Koefisien Gesek Pada Bidang Miring .....	7
2.2 Arduino Mega .....	8

2.3 Sensor.....	9
2.3.1 Sensor <i>Infrared Obstacle</i> .....	9
2.3.2 Sensor MPU-6050.....	9
2.4 Tampilan Antarmuka .....	10
Bab 3. Metode Pelaksanaan.....	10
3.1. Perancangan Sistem .....	10
3.1.1. Perancangan Blok Diagram <i>Hardware</i> .....	<b>Error!</b>
<b>Bookmark not defined.</b>	
3.1.2. Perancangan Sistem Mekanikal.....	10
3.1.3. Perancangan Sistem <i>Interface</i> .....	13
3.1.4. Perancangan Sistem Elektrikal .....	15
3.2. Pengujian Instrumen .....	15
Bab 4. Hasil dan Pembahasan .....	16
4.1. Data Hasil Penelitian .....	16
4.2. Pembahasan .....	23
Bab 5. Kesimpulan dan Saran .....	25
5.1. Kesimpulan .....	25
5.2. Saran.....	26
Daftar Pustaka .....	26
Biodata .....	27
Lampiran .....	27

## Daftar Gambar

Gambar 1 . Blok Diagram <i>Hardware</i> .....	10
Gambar 2 . Desain mekanikal Gerak Lurus dan Koefisien Gesek..	11
Gambar 3 . Desain penyangga dan motor.....	12
Gambar 4 . Desain 2D gerak lurus dan koefisien gesek.....	12
Gambar 5 . Desain mekanikal Gerak Jatuh.....	13
Gambar 6 . Tampilan awal <i>interface</i> .....	13
Gambar 7 . Tampilan modul GLB.....	14
Gambar 8 . Tampilan modul GLBB .....	14
Gambar 9 Tampilan modul GJB.....	14
Gambar 10 . Desain elektrikal.....	15
Gambar 11 . Beban percobaan kereta mainan modul GLB.....	17
Gambar 12 . Grafik data rata - rata percobaan modul GLB.....	17
Gambar 13 . Beban percobaan mobil - mobilan modul GLBB.....	19
Gambar 14 . Grafik data rata - rata percobaan modul GLBB.....	19
Gambar 15 . Beban Percobaan modul Koefisien Gesek dan GJB..	22
Gambar 16 . Grafik data rata - rata percobaan modul GJB.....	22

## Daftar Tabel

Tabel 1 . Data percobaan modul GLB.....	16
Tabel 2 . Data rata-rata percobaan modul GLB.....	16
Tabel 3 . Data percobaan modul GLBB.....	17
Tabel 4 . Data rata - rata percobaan modul GLBB.....	18
Tabel 5 . Data percobaan modul Koefisien Gesek.....	19
Tabel 6 . Data percobaan modul GJB.....	21
Tabel 7 . Data rata - rata percobaan modul GJB.....	21

# Bab 1. Pendahuluan

## 1.1. Latar Belakang

Teknik instrumentasi ialah cabang ilmu rekayasa yang menggabungkan antara pengetahuan elektronika dan instrumentasi, hampir sepenuhnya kegiatan dan praktek instrumentasi dilakukan di dalam Lab Fisika. Untuk mendapatkan pemahaman mendasar tentang ide alat instrumentasi yang akan digunakan untuk menginterpretasikan data, Lab fisika sangat penting dan sangat diperlukan. Semua operasi rekayasa instrumentasi terkait erat dengan fisika. Contohnya adalah gerak lurus dan koefisien gesek. (Sirait, I, S. 2018).

Gerak lurus dan koefisien gesek merupakan konsep yang penting dalam fisika dan sering dibahas dalam pelajaran fisika di sekolah menengah atau perguruan tinggi. perlu diketahui bahwa gerak lurus mencakup prinsip-prinsip dasar tentang gerakan objek yang bergerak lurus dengan kecepatan konstan atau percepatan konstan. Koefisien gesek adalah angka yang menunjukkan tingkat gesekan antara dua objek yang saling gesek. Memahami kedua hal ini penting dalam berbagai bidang, seperti fisika, mekanika, dan teknologi. Dalam bidang teknologi contohnya pemahaman tentang gerak lurus dan koefisien gesek sangat berguna dalam merancang dan menganalisis sistem mekanis, seperti mesin, alat transportasi, dan peralatan industri. (Supriyatna, S. dan Roza, L. 2021).

Oleh karena itu penulis membuat "KIT Trainer : Praktikum Fisika Untuk Mempelajari Gaya Gerak Lurus dan Koefisien Gesek" yang terdiri dari lintasan yang dapat digunakan untuk Gerak Lurus Beraturan (GLB) serta dapat dimiringkan menggunakan motor stepper. Lalu benda yang berada diatas lintasan akan bergerak dengan gaya gravitasi bila Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) dan Gerak Jatuh Bebas (GJB), kemudian sudut kemiringan atau koefisien gesekan bersama dengan pergerakan objek direkam oleh sensor. Masalah-masalah ini harus diselesaikan dengan bantuan modul. Modul tersebut diharapkan dapat dapat membantu menyelesaikan permasalahan tersebut.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang di atas maka permasalahan yang akan di rumuskan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana akuisisi data dan pengendalian koefisien gesek pada bidang miring dengan menggunakan motor ?
2. Bagaimana akuisisi data serta pemantauan kecepatan dan percepatan menggunakan perangkat lunak ?
3. Bagaimana pengendalian dan minimisasi nilai kesalahan setiap waktu yang di peroleh ?
4. Bagaimana akuisisi data serta pemantauan gerakan objek dalam kondisi jatuh bebas dengan mempertimbangkan gaya gravitasi bumi ?

## **1.3. Tujuan**

Adapun tujuan dari modul ini diantaranya :

1. Untuk memahami hukum Newton tentang gaya, yaitu gerak lurus, gravitasi, dan gaya gesek.
2. Untuk merancang dan membuat modul praktikum fisika, yaitu Gerak Lurus Beraturan (GLB), Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB), Gerak Jatuh Bebas (GJB), serta Koefisien Gesek dan mengintegrasikan modul dengan perangkat lunak.
3. Untuk mengetahui perbandingan kecepatan benda yang melakukan GLB, GLBB, dan GJB di bawah pengaruh koefisien gesek dan gravitasi.

## **1.4. Luaran**

Luaran yang diharapkan dalam program Ini adalah:

1. Laporan Kemajuan.
2. Laporan Akhir.
3. Prototipe "KIT Gerak Lurus dan Koefisien Gesek"
4. Jurnal Integrasi.

## 1.5. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari modul ini adalah mahasiswa dapat melakukan pembelajaran dengan menggunakan modul tersebut dan lebih memahami konsep fisika tentang pengukuran gaya gerak lurus dan koefisien gesek yang diintegrasikan oleh perangkat lunak serta dapat menggunakannya untuk mempraktikkan pembelajaran mereka.

## Bab 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 KIT Trainer Gerak Lurus dan Koefisien Gesek

KIT Trainer gerak lurus dan koefisien gesek desain modul ini terdiri dari sebuah lintasan sepanjang 1,2 meter dan lebar 0,2 meter pada bagian atas lintasan tersebut dipasang benda yang akan bergerak di atas sebuah lintasan tersebut, lintasan telah di desain menggunakan *motor stepper* yang bisa dikendalikan dengan sistem *software* atau secara manual dengan menggunakan tangan. Sensor *mpu6050* dan sensor *Infrared obstacle* pada lintasan tersebut digunakan untuk mencatat dan menghitung pergerakan benda tersebut sebagai implementasi GLB atau GLBB atau GJB dan Koefisien gesek. Gerak lurus dan koefisien gesek merupakan konsep yang penting dalam berbagai bidang, dan masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi dalam aplikasinya. (Sirait, I, S. 2018).

#### 2.1.1 Gerak Lurus Beraturan (GLB)

Gerak Lurus Beraturan adalah gerak lurus yang memiliki kecepatan tetap, dan tidak adanya percepatan pada objek. Sehingga nilai percepatan pada objek yang mengalami GLB adalah nol ( $a = 0$ ). Jadi sebuah benda bisa dikatakan mengalami GLB jika punya ciri-ciri seperti berikut ini:

1. Berada pada sebuah lintasan yang berupa garis lurus atau masih dapat dianggap sebagai lintasan yang lurus.
2. Kecepatan benda tetap atau konstan
3. Tidak mempunyai percepatan ( $a=0$ )
4. Pada kecepatan berbanding lurus dengan perpindahan dan berbanding terbalik dengan waktu.

Kecepatan akan kita hitung dengan jarak yang berbanding terbalik dengan waktu, sehingga jika ditulis ke dalam rumus seperti berikut: s

$$v = \frac{s}{t} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- = kecepatan (km/jam atau m/s)
- = perpindahan, atau biasanya disebut sebagai jarak tempuh(km atau m)
- = selang waktu atau waktu tempuh (jam, sekon)

Rumus dan besaran di atas akan digunakan untuk menghitung segala macam hal yang berkaitan dengan GLB. (Supriyatna, S. dan Roza, L. 2021). Grafik GLB menggunakan regresi linear untuk menggambarkan hubungan antara posisi dan waktu. regresi linear bisa digunakan untuk menemukan persamaan garis lurus terbaik yang menggambarkan hubungan tersebut. Dalam regresi linear, persamaan garis lurus dapat dituliskan sebagai berikut:

$$s(t) = a + b t \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- $s(t)$  = posisi benda pada waktu t. a = merepresentasikan posisi awal benda ( $s_0$ )
- $b$  = selang waktu atau waktu tempuh (jam, sekon)

dengan menggunakan regresi linear pada data posisi dan waktu, kita dapat mengestimasi nilai a dan b, yang selanjutnya dapat membantu kita memodelkan gerak GLB.

### 2.1.2 Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB)

Gerak lurus berubah beraturan adalah gerak yang lintasannya merupakan garis lurus dan dengan kecepatan yang berubah beraturan, kecepatannya berubah terhadap waktu karna adanya percepatan yang konstan atau tetap. Ciri utama gerak lurus berubah beraturan adalah dari waktu ke waktu kecepatan benda mulai berubah, semakin lama semakin cepat atau lambat sehingga gerakan benda tersebut dari waktu ke waktu mengalami percepatan atau pun perlambatan. (Supriyatna, S. dan Roza, L. 2021).

Suatu benda bisa dikatakan bergerak lurus berubah beraturan (GLBB) jika memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Lintasannya garis lurus.
2. Kecepatan benda berubah-ubah secara teratur.
3. Percepatan benda tetap.

Sehingga jika ditulis ke dalam rumus seperti berikut:  $a = \dots\dots\dots$

$$a = \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- a = percepatan (km/jam atau m/s<sup>2</sup>) =  
kecepatan akhir (km/jam atau m/s)
- $v_0$  = kecepatan Awal (km/jam atau m/s)
- $t$  = selang waktu atau waktu tempuh (jam, sekon)

Rumus dan besaran di atas akan digunakan untuk menghitung segala macam hal yang berkaitan dengan GLBB. Dalam GLBB persamaan kinematika yang tepat adalah polinomial orde 2. Gerak Lurus Berubah Beraturan adalah gerakan benda yang mengalami percepatan konstan sepanjang waktu. Persamaan kinematika untuk GLBB adalah sebagai berikut:

$$x(t) = v_0 t + \frac{1}{2} a_x t^2 \quad \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

- $x(t)$  = posisi horizontal benda pada waktu t
- $x_0$  = posisi awal benda pada saat t = 0
- $v_0$  = kecepatan awal benda dalam arah horizontal
- $a_x$  = percepatan benda dalam arah horizontal.

1  
2).

Bagian yang mewakili GLBB dalam persamaan kinematika ini adalah  $(\frac{1}{2} a_x t^2$

Suku ini menunjukkan bagaimana posisi horizontal benda akan berubah seiring dengan kuadrat waktu ( $t^2$ ) karena adanya percepatan konstan( $a_x$ ). Sedangkan bagian  $(v_0 + 0_x t)$  menggambarkan gerak horizontal awal benda. Suku  $(x_0)$  menunjukkan posisi awal benda pada t=0, sedangkan suku  $(v_0 t)$  menggambarkan perubahan posisi horizontal akibat kecepatan awal benda dalam arah horizontal.

### 2.1.3 Gerak Jatuh Bebas (GJB)

Gerak jatuh bebas adalah gerak yang mengakibatkan benda melewati lintasan berbentuk lurus karena pengaruh gaya gravitasi bumi. Gerak jatuh bebas mengakibatkan gesekan dan perubahan kecil percepatan terhadap ketinggian. Percepatan gerak jatuh bebas disebabkan oleh gaya gravitasi bumi yang besarnya 9,8 m/s<sup>2</sup> dan berarah menuju kepusat bumi. Pada dasarnya gerak ini termasuk GLBB dipercepat karna adanya gravitasi bumi dengan demikian apabila diketahui ketinggian suatu benda dijatuhkan dan waktu yang dibutuhkan untuk sampai ke dasar maka dapat ditentukan percepatan gravitasi yang bekerja pada tempat tersebut. (Ristiawan, A. 2018).

(Ristiawan, A. 2018). Menjelaskan Untuk menghitung nilai gerak jatuh bebas, Anda dapat menggunakan rumus fisika yang disebut "Rumus Gerak Jatuh Bebas". Rumus ini adalah:

$$v = v_0 + g t \quad \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- = kecepatan akhir (km/jam atau m/s)
- = kecepatan awal atau posisi awal (km/jam atau m/s)
- = gravitasi 9,8 (m/s<sup>2</sup>)
- = selang waktu atau waktu tempuh (jam, sekon)

Dalam rumus di atas, adalah kecepatan awal atau posisi awal dari benda yang mengalami gerak jatuh bebas. Jika adalah 0 (benda dilepaskan dari keadaan diam), maka rumus akan menjadi:

$$v = g t \quad \dots\dots\dots(6)$$

Namun, jika bukan 0 (benda dilepaskan dari kecepatan awal), maka Anda harus memasukkan nilai ke dalam rumus untuk mendapatkan kecepatan akhir (v) pada waktu tertentu (t). Modul ini sudah memiliki waktu dan ketinggian, Sehingga dapat menggunakan rumus jarak (s) untuk menghitung percepatan gravitasi. Maka rumus tersebut diubah untuk mencari nilai percepatan gravitasi (g) yaitu:

$$g = \frac{2 s}{t^2} \quad \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

- = gravitasi 9,8 (m/s<sup>2</sup>)
- = perpindahan, atau biasanya disebut sebagai jarak tempuh(km atau m) <sup>2</sup> = waktu yang di kuadratkan.

Rumus dan besaran di atas akan digunakan untuk menghitung segala macam hal yang berkaitan dengan GJB. Dalam gerak jatuh bebas dengan polinomial orde 2, yang mewakili gerak jatuh bebas adalah bagian linear dari persamaan kinematika. Persamaan kinematika untuk gerak jatuh bebas adalah sebagai berikut:

$$y = y_0 + v_0 t - \frac{1}{2} g t^2 \quad \dots\dots\dots(8)$$

- Keterangan : y(t) = posisi vertikal
- y<sub>0</sub> = posisi awal benda
- v<sub>0</sub> = kecepatan awal benda dalam arah vertikal,
- = percepatan gravitasi, yaitu sebesar 9,8 m/s<sup>2</sup> (di permukaan bumi),
- = t adalah waktu.

Persamaan tersebut merupakan persamaan kinematika yang menggambarkan gerak vertikal benda dalam kondisi jatuh bebas di bawah

pengaruh gaya gravitasi. Bagian (1) dari persamaan tersebut mewakili pengaruh gaya gravitasi. Bagian (2) dari persamaan tersebut mewakili pengaruh gaya gravitasi pada gerak jatuh bebas.

Ketika sebuah benda jatuh bebas tanpa adanya hambatan udara dan gaya eksternal lainnya, benda tersebut hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi, yang mengakibatkan percepatan benda sebesar  $g$  ( $9,8 \text{ m/s}^2$ ) dan arahnya adalah ke bawah. Oleh karena itu, pada

persamaan kinematika tersebut, suku (1) menunjukkan perubahan posisi vertikal benda akibat gaya gravitasi. Suku tersebut bersifat negatif karena gaya gravitasi selalu berlawanan dengan arah positif sumbu vertikal (ke atas).

Sementara itu, bagian  $(y_0 + v_{0y}t)$  mewakili gerak vertikal awal benda. Suku  $(y_0)$  menunjukkan posisi awal benda pada saat  $t=0$ , sedangkan suku  $(v_{0y}t)$  menggambarkan perubahan posisi vertikal akibat kecepatan awal benda dalam arah vertikal. Persamaan diatas adalah persamaan kinematika yang tepat untuk menggambarkan gerak jatuh bebas di bawah pengaruh gaya gravitasi.

### 2.1.4 Koefisien Gesek Pada Bidang Miring

Gaya gesek merupakan gaya sentuh yang muncul jika permukaan dua benda bersentuhan langsung secara fisik. Gaya gesek terjadi dengan arah yang berlawanan dengan arah benda tersebut bergerak. Gesekan terjadi pada tiga keadaan, keadaan pertama ketika sebuah benda bulat menggelinding pada suatu permukaan, gesekan ini disebut gesekan gelinding (*rolling friction*). Lalu keadaan kedua ketika sebuah benda meluncur pada suatu permukaan, gesekan ini disebut dengan gesekan luncur (*sliding friction*) atau biasa disebut gesekan kinetik (*kinetic friction*). Keadaan ketiga menggambarkan gaya gesek antara dua permukaan yang sedang bersentuhan dalam keadaan diam. gesekan ini disebut gesekan statis (*static friction*). Ketika sebuah benda meluncur pada suatu permukaan yang kasar gaya gesek akan bekerja ke arah yang berlawanan dengan arah kecepatan benda. gaya gesek ini bergantung pada sifat dari kedua permukaan yang bergesekan. (Fa'izah, J, N. 2021).

Untuk menghitung nilai gesek statis, Anda dapat menggunakan rumus fisika yang disebut "Rumus Koefisien Gesek Statis". Rumus ini adalah:

$$F_s = \mu_s F_N \dots\dots\dots(9) \text{ Keterangan :}$$

- = koefisien gesek statis
- = gaya gesek statis maksimum
- = gaya normal

Rumus dan besaran di atas akan digunakan untuk menghitung segala macam hal yang berkaitan dengan koefisien gesek statis. Dalam modul ini hanya menggunakan sensor accelerometer dan tidak memiliki alat tambahan seperti dinamometer untuk mengukur gaya gesek statis dan gaya normal, sehingga kita dapat melakukan perkiraan awal untuk koefisien gesek statis menggunakan data accelerometer. Langkah-langkah untuk membuat perkiraan awal koefisien gesek statis dengan menggunakan sensor accelerometer adalah sebagai berikut:

1. Mengukur sudut kemiringan.
2. Mengasumsikan gaya normal, kita dapat mengasumsikan bahwa gaya normal (N) yang bekerja pada benda adalah sebanding dengan percepatan gravitasi (biasanya sekitar  $9,8 \text{ m/s}^2$ ), dengan asumsi benda tidak mengalami percepatan selain gravitasi. Jadi,  $F_N = m \times g$  di mana  $m$  adalah massa benda dan  $g$  adalah percepatan gravitasi.
3. Hitung Koefisien Gesek Statis, Setelah mendapatkan nilai sudut kemiringan ( $\theta$ ) dan mengasumsikan gaya normal (N), Kita dapat menggunakan rumus yang menghubungkan koefisien gesek statis ( $\mu_s$ ) dengan sudut kemiringan yaitu:

$$\mu_s = \tan(\theta) \quad \dots\dots\dots(10)$$

Estimasi awal ini tidak akan menggantikan metode eksperimental yang menggunakan alat pengukur gaya gesek statis dan gaya normal untuk mendapatkan nilai koefisien gesek statis yang lebih akurat. Namun, sebagai pendekatan kasar, metode ini bisa memberikan gambaran awal tentang koefisien gesek statisnya.

## 2.2 Arduino Mega

Arduino Uno adalah *board mikrokontroler* berbasis Atmega1280. memiliki 54 pin *input* dari *output* digital di mana 15 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output PWM* dan 16 pin *input* analog, 16 *MHz osilator kristal*, koneksi USB, *jack power*, *ICSP header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung *mikrokontroler* agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan *board* arduino uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya. (Sirait, I, S. 2018).

(Sirait, I, S. 2018). Menjelaskan arduino uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau *catu daya eksternal* (non-USB). Kisaran daya yang disarankan untuk board uno adalah 7 – 12 *volt*. Jika daya kurang dari 7 *volt* board arduino uno akan tidak stabil. Kemudian jika diberikan tegangan lebih dari 12 *volt* maka regulator tegangan bisa panas dan merusak *board* arduino uno.

## 2.3 Sensor

### 2.3.1 Sensor *Infrared Obstacle*

Sensor *infrared obstacle* atau sensor pendeteksi halangan menggunakan sinar inframerah untuk pendeteksian benda atau permukaan di depannya. Lampu LED penghasil inframerah memancarkan inframerah yang sebagian akan memantul jika mengenai objek di depannya. Cahaya infra merah yang dipantulkan ke arah berlawanan akan mengenai sensor infra merah dengan jenis Fotodioda, yang menandakan adanya objek di depan sensor. (Riyaldi, R. dan Hardjianto, M. 2022).

### 2.3.2 Sensor MPU-6050

Sensor akselerometer dan giroskop dipadukan dalam sensor MPU-6050, memungkinkan kita untuk membuat output berupa orientasi. Giroskop digunakan untuk menghitung kecepatan sudut, sedangkan akselerometer digunakan untuk menghitung percepatan gravitasi. Orientasi akan dihasilkan dengan menggabungkan keluaran dari akselerometer dan giroskop (kemiringan terhadap sumbu x dan y). Dengan sensor ini, kita dapat menentukan sudut kemiringan suatu bidang terhadap dua sumbu, seperti kemiringan depanbelakang (sumbu x) dan kanan-kiri (sumbu y). (Huda, A. S. M. dkk. 2019).

(Huda, A. S. M. dkk. 2019). Menjelaskan Sensor ini akan menangkap nilai kanal axis X, Y dan Z bersamaan dalam satu waktu. Besar sudut yang dihasilkan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan.

Persamaan (11) menunjukkan sudut kemiringan sumbu *A* dapat diketahui dengan arctan nilai accelerometer X dibagi dengan akar kuadrat dari nilai sumbu Y kuadrat ditambah nilai sumbu Z kuadrat.

$$A = \arctan \left( \frac{X}{\sqrt{Y^2 + Z^2}} \right) \dots \dots \dots (11)$$

Persamaan (12) menunjukkan sudut kemiringan sumbu *A* dapat diketahui dengan arctan nilai accelerometer Y dibagi dengan akar kuadrat dari nilai sumbu X kuadrat ditambah nilai sumbu Z kuadrat.

$$A = \arctan \left( \frac{Y}{\sqrt{X^2 + Z^2}} \right) \dots \dots \dots (12)$$

Rumus dan besaran di atas akan digunakan untuk menghitung besar sudut yang dihasilkan oleh sensor.

## 2.4 Tampilan Antarmuka

C# atau yang dibaca C sharp merupakan bahasa pemrograman yang berorientasi konsep objek yang dikembangkan oleh Microsoft sebagai bagian dari inisiatif kerangka .NET Framework, sehingga bisa digunakan untuk membangun aplikasi berbasis desktop, program game, aplikasi mobile dan server –client Web . (Martha, M. D. dkk. 2022).

Tampilan *interface* untuk modul ini dibuat dengan menggunakan *software* Microsoft Visual Studio C#, tampilan *interface* ini menampilkan data grafik waktu, kecepatan, percepatan, gravitasi, dan sudut lintasan, dan nilai masing-masing parameter tersebut, Serta hasil dari nilai regresi linear dan polinomial grafik tersebut yang didapat berdasarkan perhitungan komputer yang telah ter program dengan persamaan. Terdapat tombol pilih modul untuk memilih modul yang akan kita gunakan, tombol mulai, grafik, dan berhenti dan nilai regresi.

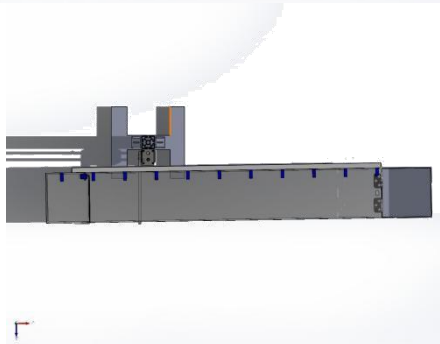
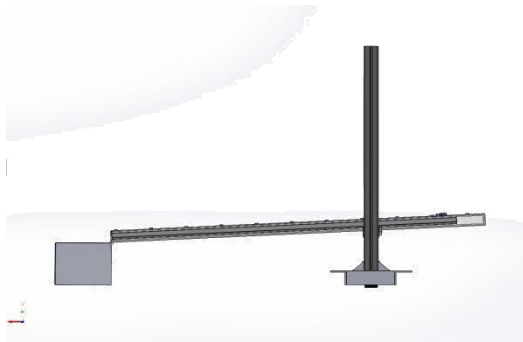
## Bab 3. Metode Pelaksanaan

### 3.1. Perancangan Sistem

Perancangan alat terdiri dari lima bagian utama yaitu perancangan blok diagram *hardware*, perancangan sistem mekanikal, perancangan sistem *interface*, perancangan sistem elektrikal, dan pengujian instrumen. Perancangan sistem *hardware* meliputi bahan dan alat yang akan digunakan secara keseluruhan. Perancangan sistem mekanikal meliputi bagian perakitan dan bahan komponen yang akan digunakan. Perancangan sistem elektrikal meliputi pembuatan dan pengujian elektrikal yang akan digunakan. Perancangan sistem *interface* meliputi bagian pembuatan program *interface*. *Output* dari modul ini ialah modul praktikum yang terintegrasi dengan C# yang akan menampilkan grafik data fisika yang mudah dimengerti.

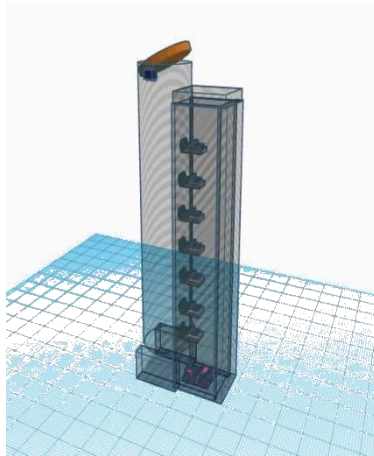
#### 3.1.2. Perancangan Sistem Mekanikal

Perancangan sistem mekanikal dibuat dengan *software* SolidWork yang dimulai dengan memilih bahan material yang sesuai dan peletakkan komponen yang akan digunakan, pengaturan dimensi untuk setiap bagian, Pembuatan jalur lintasan GLB dan GJB yang terdiri dari beberapa sensor *infrared*, servo motor, dan penutup jalur lintasan. Serta pembuatan desain penyangga untuk motor yang terdiri dari besi ulir, akrilik, dan limit switch, dan peletakkan-peletakkan untuk setiap komponen lainnya yang akan digunakan.



**Gambar 2. Desain mekanikal Gerak Lurus dan Koefisien Gesek**





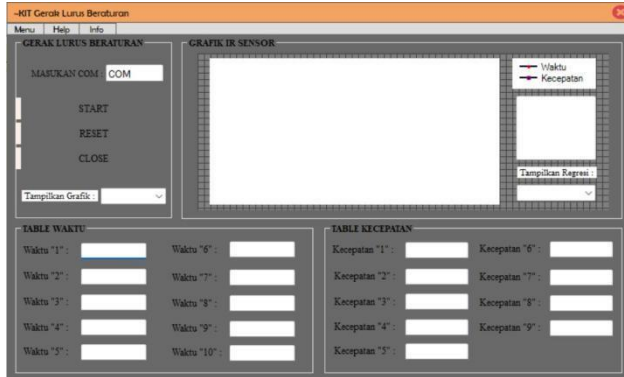
Gambar 5. Desain mekanikal Gerak Jatuh

### 3.1.3. Perancangan Sistem *Interface*

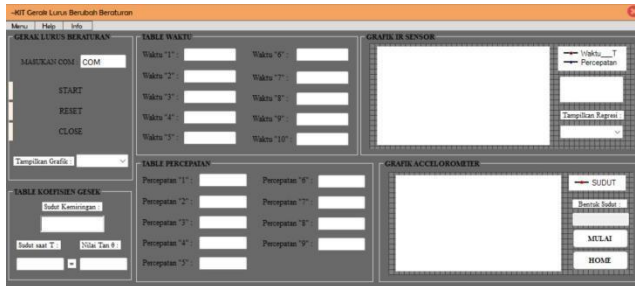
Perancangan dan pembuatan program *interface* terdiri atas dua metode yaitu program mikrokontroler dan program aplikasi Visual Studio C#. kontroler yang digunakan adalah Arduino Mega. mikrokontroler menggunakan Arduino IDE untuk memprogram *input* dan *output*, kemudian untuk pembuatan *interface* menggunakan Visual Studio C# untuk menampilkan data dari sensor dan grafik.



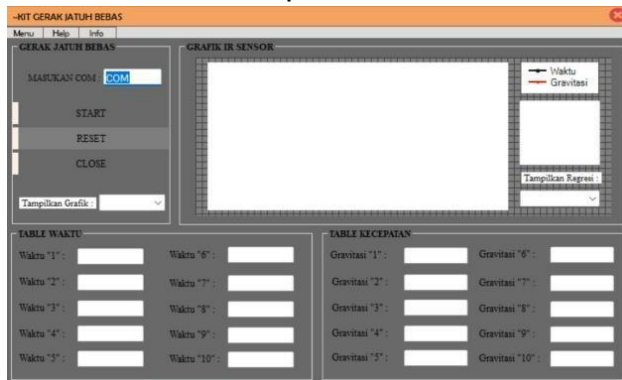
Gambar 6. Tampilan awal *interface*



Gambar 7. Tampilan modul GLB



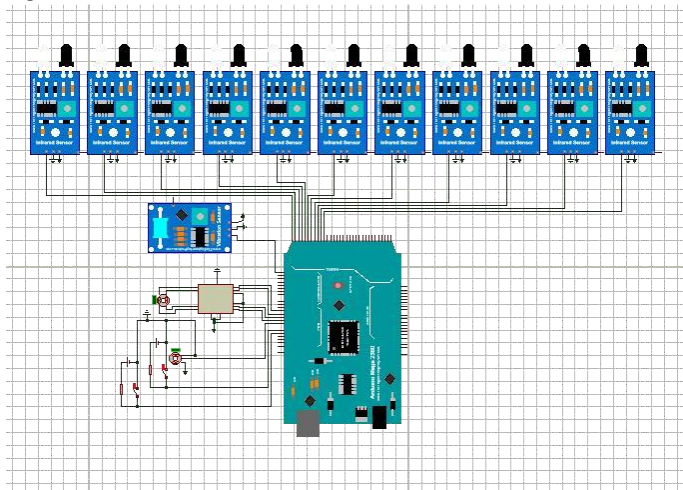
Gambar 8. Tampilan modul GLBB



Gambar 9 Tampilan modul GJB

### 3.1.4. Perancangan Sistem Elektrikal

Proses elektrikal pada KIT Trainer komponen utamanya ialah Arduino (mikrokontroler), motor stepper, limit switch, push button, sensor IR obstacle, sensor MPU6050, dan juga driver motor. Semua komponen utama terhubung dengan arduino sebagai pengolah data. Perancangan serta pembuatan elektrikal ini pertama membuat design jalur elektrikalnya dengan software proteus dan untuk melakukan simulasi sebelum pemasangan elektrikal dilakukan, gunanya untuk mencegah adanya konslet, dan pada saat pemasangan diusahakan untuk merapikan kabel sehingga mudah memperbaiki ketika ada komponen yang tidak terhubung.



Gambar 10. Desain elektrikal

### 3.2. Pengujian Instrumen

Pengujian dilakukan dengan 3 prosedur. Prosedur yang pertama yaitu mengukur input dan output agar dapat mengetahui kinerja komponen. Prosedur yang kedua yaitu dengan mengukur sistem kerja modul yaitu dengan menggunakan stopwatch dan busur pada modul tersebut dengan melihat sudut modul dan mencatat pergerakan modul dengan stopwatch. Prosedur terakhir yaitu membandingkan hasil dari pengujian prosedur kedua dengan grafik yang ditampilkan oleh software. Tujuan dari pengujian ialah untuk memastikan bahwa modul yang di buat sesuai dengan yang direncanakan dan bekerja dengan baik.

## Bab 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Data Hasil Penelitian

Tabel 1. Data percobaan modul GLB

Percobaan Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jarak (s)	Waktu (t)									
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1	1.6	1.7	1.6	1.6	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
0.2	3.0	3.1	3.0	3.1	2.4	2.3	2.5	2.6	2.6	2.6
0.3	4.5	4.4	4.4	4.7	3.6	3.6	3.7	4.0	4.0	4.0
0.4	6.0	5.8	5.7	6.2	5.0	4.8	5.0	5.5	5.3	5.4
0.5	7.6	7.4	7.1	7.7	6.4	6.1	6.4	7.1	6.8	6.8
0.6	9.1	8.9	8.5	9.3	7.8	7.5	7.7	8.7	8.3	8.3
0.7	10.9	10.6	10.2	11.3	9.4	9.2	9.5	10.5	10.0	10.0
0.8	12.3	12.3	11.5	12.7	10.6	10.5	10.9	11.9	11.3	11.3
0.9	13.5	13.5	12.7	14.0	11.7	11.5	12.0	13.1	12.5	12.4

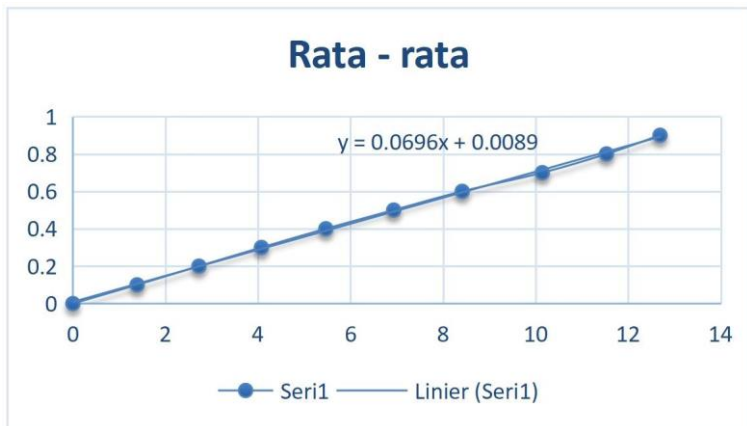
Tabel 2. Data rata-rata percobaan modul GLB

Rata-rata		
Beban	Jarak (s)	Waktu (t)
Mobil-Mobilan	0	0.00
	0.1	1.39

	0.2	2.72
	0.3	4.08
	0.4	5.47
	0.5	6.93
	0.6	8.41
	0.7	10.15
	0.8	11.53
	0.9	12.69



**Gambar 11. Beban percobaan kereta mainan modul GLB**



**Gambar 12. Grafik data rata -rata percobaan modul GLB**

**Tabel 3. Data percobaan modul GLBB**

Percobaan Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jarak (s)	Waktu (t)									
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.1	0.22	0.19	0.23	0.22	0.22	0.22	0.25	0.27	0.26	0.22
0.2	0.35	0.31	0.36	0.37	0.36	0.34	0.39	0.41	0.40	0.35
0.3	0.46	0.43	0.47	0.51	0.47	0.46	0.52	0.53	0.52	0.47
0.4	0.57	0.53	0.59	0.65	0.58	0.56	0.65	0.64	0.64	0.57
0.5	0.67	0.62	0.69	0.78	0.68	0.65	0.76	0.72	0.75	0.66
0.6	0.77	0.71	0.78	0.90	0.78	0.73	0.87	0.80	0.85	0.75
0.7	0.86	0.79	0.87	1.01	0.86	0.81	0.96	0.88	0.94	0.82
0.8	0.96	0.88	0.96	1.13	0.96	0.90	1.07	0.95	1.04	0.91
0.9	1.04	0.95	1.05	1.23	1.04	0.97	1.15	1.02	1.13	0.98

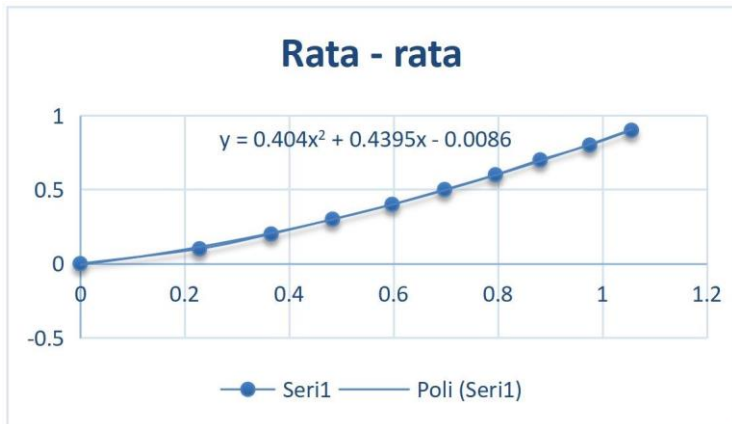
**Tabel 4. Data rata - rata percobaan modul GLBB**

Rata-rata		
Beban	Jarak (s)	Waktu (t)
Mobil-Mobilan	0	0.00
	0.1	0.23
	0.2	0.37
	0.3	0.48
	0.4	0.60
	0.5	0.70

0.6	0.80
0.7	0.88
0.8	0.98
0.9	1.06



**Gambar 13. Beban percobaan mobil - mobilan modul GLBB**



**Gambar 14. Grafik data rata - rata percobaan modul GLBB**

**Tabel 5. Data percobaan modul Koefisien Gesek**

Percobaan Ke	Beban	Derajat		Nilai Saat T	Nilai Koefisien Statis
		C#	Busur		

1	Kubus (kayu)	9.03	9	8.02	0.140896813
2		10.97	10	9.19	0.161785552
3		10.02	10	9.72	0.171292417
4		13.55	13	12.66	0.224626261
5		18.06	17	16.21	0.290716131
Percobaan	Beban	Derajat		Nilai	Nilai

Ke		C#	Busur	Saat T	Koefisien Statis
1	Kubus (plastik)	22.49	21	21.2	0.387874438
2		23.09	21	22.08	0.405651329
3		21.08	20	20.88	0.381462954
4		26.88	25	25.24	0.471417281
5		27.13	25	26.8	0.505136348
Percobaan Ke	Beban	Derajat		Nilai Saat T	Nilai Koefisien Statis
		C#	Busur		
1	Kubus (Aluminium)	15.48	14	14.17	0.252481851
2		16.45	15	14.99	0.267762137
3		13.92	14	13.82	0.245993716
4		16.69	16	15.34	0.274319566
5		18.77	18	17.71	0.319333029
Percobaan Ke	Beban	Derajat		Nilai Saat T	Nilai Koefisien Statis
		C#	Busur		
1	Kubus (Besi)	8.81	9	8.73	0.153557405

2		6.54	7	7.38	0.129522386
3		13.16	13	12.37	0.219315413
4		10.5	11	10.08	0.177767011
5		14.76	15	14.61	0.260666873
Percobaan Ke	Beban	Derajat		Nilai Saat T	Nilai Koefisien Statis
		C#	Busur		
1	Kubus (Kuningan)	16.51	17	16.63	0.298683168
2		10.64	11	10.37	0.18299316
3		12.19	12	12.13	0.214929149
4		12.43	12	12.22	0.216573064
5		10.84	11	11.45	0.202543674
Percobaan Ke	Beban	Derajat		Nilai Saat T	Nilai Koefisien Statis
1	Kubus (Tembaga)	17.83	18	16.99	0.305539845
2		20.62	21	20.86	0.381063148
3		18.89	19	18.44	0.333431291
4		17.43	17	16.7	0.300014378
5		18.3	18	17.48	0.314915063

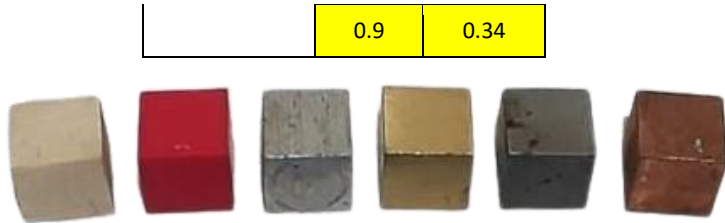
**Tabel 6. Data percobaan modul GJB**

Percobaan Ke-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Jarak (s)	Waktu (t)									

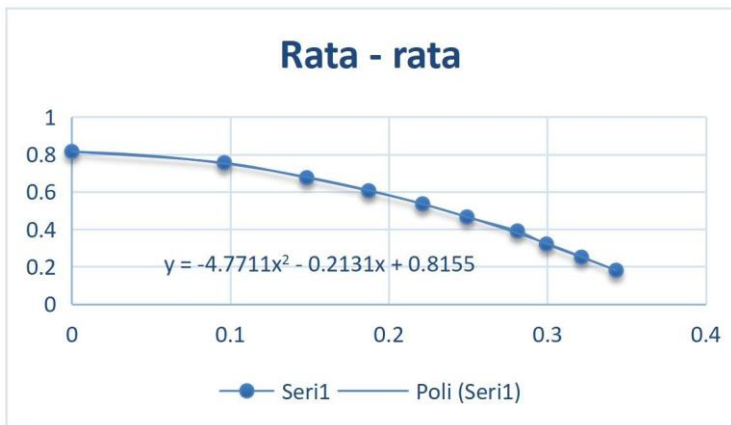
0.815	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.755	0.09	0.12	0.10	0.09	0.10	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10
0.675	0.14	0.17	0.15	0.14	0.15	0.14	0.14	0.15	0.15	0.15
0.605	0.18	0.21	0.19	0.18	0.19	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19
0.535	0.21	0.24	0.22	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23	0.22
0.465	0.24	0.27	0.25	0.24	0.25	0.25	0.24	0.25	0.25	0.25
0.39	0.28	0.30	0.28	0.27	0.28	0.28	0.27	0.28	0.29	0.28
0.32	0.29	0.32	0.30	0.29	0.30	0.30	0.29	0.30	0.31	0.30
0.25	0.31	0.34	0.32	0.31	0.32	0.32	0.32	0.32	0.33	0.32
0.18	0.34	0.36	0.34	0.33	0.35	0.34	0.34	0.34	0.35	0.34

**Tabel 7. Data rata - rata percobaan modul GJB**

Rata-rata		
Beban	Jarak (s)	Waktu (t)
Kubus (plastik)	0	0.00
	0.1	0.10
	0.2	0.15
	0.3	0.19
	0.4	0.22
	0.5	0.25
	0.6	0.28
	0.7	0.30
	0.8	0.32



**Gambar 15. Beban Percobaan modul Koefisien Gesek dan GJB**



**Gambar 16. Grafik data rata - rata percobaan modul GJB**

## 4.2. Pembahasan

Pada table 2 data yang sudah dirata-ratakan, menunjukkan hubungan antara waktu (dalam detik) dengan jarak sensor (dalam meter) pada suatu objek yang mengalami gerak lurus beraturan. Jarak sensor diukur pada setiap interval waktu tertentu. dari tabel di atas kita dapat melihat bahwa setiap jarak berlalu, waktu sensor meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa objek yang sedang diamati mengalami gerak lurus beraturan dengan kecepatan konstan. Grafik GLB di atas menunjukkan bahwa hubungan antara jarak sensor dan waktu bersifat linear, yang menunjukkan bahwa objek bergerak dengan kecepatan konstan. Garis lurus pada grafik menunjukkan bahwa perubahan jarak sensor proporsional dengan perubahan waktu. Dari data tabel dan grafik dapat disimpulkan bahwa objek ini mengalami gerak lurus beraturan dengan kecepatan tetap. Dalam setiap jarak berlalu waktu sensor meningkat secara konsisten.

Pada table 4 data yang sudah dirata-ratakan, menunjukkan data berisi tentang gerak lurus berubah beraturan (GLBB) dari suatu objek. Posisi objek diukur pada interval waktu tertentu. Dari tabel tersebut dapat diamati bahwa setiap detik berlalu, posisi objek meningkat dengan laju yang semakin cepat. Hal ini menunjukkan bahwa objek mengalami gerak lurus berubah beraturan, di mana percepatan positif menyebabkan peningkatan posisi yang semakin cepat seiring berjalannya waktu. Grafik GLBB menunjukkan hubungan antara posisi objek dan waktu. Awalnya perubahan posisi objek terlihat lambat, tetapi saat waktu berlalu garis grafik menjadi lebih curam menunjukkan peningkatan percepatan yang menyebabkan pergerakan objek semakin cepat.

Pada Table 5 di atas menyajikan data tentang koefisien gesek statis untuk berbagai benda yang berbeda bersama dengan sudut kemiringan di mana bendabenda tersebut ditempatkan. Dari tabel tersebut kita dapat melihat bahwa setiap benda memiliki koefisien gesek statis yang berbeda-beda. Koefisien gesek statis merupakan ukuran gesekan yang harus diatasi agar benda mulai bergerak saat ditempatkan pada permukaan yang miring. Berdasarkan data tabel dapat disimpulkan bahwa berbagai benda memiliki koefisien gesek statis yang bervariasi. Balok plastik memiliki koefisien gesek statis tertinggi (0.5) pada sudut kemiringan 26.8 derajat, sedangkan balok kayu memiliki koefisien gesek statis terendah (0.14) pada sudut kemiringan 8.02 derajat.

Pada table 7 data yang sudah dirata-ratakan, berisi data tentang gerak jatuh bebas (GJB) dari suatu benda yang dibiarkan jatuh tanpa hambatan. Posisi benda diukur pada interval waktu tertentu. Dari tabel dapat diamati bahwa setiap detik berlalu posisi benda meningkat dengan laju yang semakin besar. Hal ini konsisten dengan gerak jatuh bebas di mana benda mengalami percepatan gravitasi yang konstan ( $g$ ) di mana nilai  $g$  sebesar  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Grafik menunjukkan hubungan antara posisi benda dan waktu selama gerak jatuh bebas. Garis grafik terlihat semakin curam menunjukkan bahwa posisi benda meningkat secara eksponensial seiring berjalannya waktu, sesuai dengan percepatan gravitasi yang konstan. Berdasarkan data tabel dan grafik dapat disimpulkan bahwa benda mengalami gerak jatuh bebas dengan percepatan gravitasi yang konstan. Posisi benda meningkat secara kuadrat seiring berjalannya waktu yang merupakan ciri khas gerak jatuh bebas.

## Bab 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa pada sistem yang telah dibuat, maka didapat beberapa kesimpulan yaitu:

1. Hasil penelitian menunjukkan variasi yang menarik dalam nilai koefisien gesek statis. Berdasarkan data tabel 5 Jenis bahan kubus memiliki pengaruh yang signifikan terhadap koefisien gesek statis. Terlihat bahwa bahan dengan sifat permukaan yang berbeda menghasilkan nilai koefisien gesek yang berbeda pula. Nilai koefisien gesek statis cenderung bervariasi seiring dengan peningkatan derajat kemiringan bidang. Hal ini menunjukkan bahwa derajat kemiringan memiliki pengaruh pada gaya gesek antara kubus dan permukaan miring. Bahan seperti plastik dan tembaga cenderung memiliki koefisien gesek statis yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan kayu. Hal ini disebabkan oleh sifat permukaan yang berbeda antara bahan-bahan tersebut.
2. Dalam penelitian ini, tujuan utamanya adalah untuk mengakuisisi data dan melakukan pemantauan terhadap kecepatan dan percepatan sebuah kereta mainan/mobil-mobilan dengan menggunakan perangkat lunak. Data diambil dengan mencatat jarak yang ditempuh oleh kereta dalam interval waktu tertentu. Hasil eksperimen ini memberikan wawasan tentang bagaimana perangkat lunak dapat digunakan untuk menganalisis dan memantau parameter-parameter kinematika dari objek bergerak. Data tabel GLB dan tabel GLBB menunjukkan hubungan antara jarak yang ditempuh oleh objek dengan waktu yang berlalu, Semakin banyak waktu yang berlalu semakin jauh jarak yang ditempuh oleh kereta, Ini sesuai dengan konsep dasar kinematika. Untuk waktu yang dibutuhkan modul GLB berbanding terbalik dengan kecepatan secara signifikan, berdasarkan hasil tabel 2 data percobaan GLB, semakin besar kecepatan nilai waktu akan semakin mengecil. Sedangkan waktu yang dibutuhkan modul GLBB berbanding terbalik dengan sudut secara signifikan. Berdasarkan hasil tabel 4 data percobaan GLBB, semakin besar sudut maka waktu akan semakin kecil nilainya.
3. Penggunaan perangkat lunak sebagai alat pembelajaran. Perangkat lunak dapat menjadi alat yang sangat efektif dalam mendukung pembelajaran modul GLB, GLBB, GJB, dan koefisien gesek. Perangkat lunak memberikan pengukuran yang lebih akurat dan konsisten dari pada metode manual, Hal ini dapat membantu mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh ketidakakuratan pengukuran. Dengan menggabungkan teknologi dan pendekatan metode yang baik, perangkat lunak dapat membantu memahami konsep dengan lebih baik dan mengurangi kesalahan yang mungkin muncul dalam proses pembelajaran.

4. Pada tabel data percobaan modul GJB, data yang dihasilkan dari eksperimen ini mendukung konsep jatuh bebas dan pengaruh gaya gravitasi bumi terhadap gerakan objek. Data yang diperoleh memungkinkan perhitungan kecepatan dan percepatan objek pada setiap interval waktu tertentu. Dari nilai jarak dan waktu yang diukur, hubungan antara waktu dan jarak dapat dianalisis untuk memahami pergerakan objek. Kubus plastik mengalami pergerakan dengan percepatan konstan. Ini sesuai dengan hukum gerak jatuh bebas di mana gaya gravitasi menyebabkan percepatan yang konstan. Hasil eksperimen ini bergantung pada ketepatan kondisi eksperimen, seperti keadaan udara, sudut jatuh, dan perlakuan terhadap kubus. Eksperimen ini memberikan gambaran tentang akuisisi data dan pemantauan gerakan objek dalam kondisi jatuh bebas dengan mempertimbangkan pengaruh gaya gravitasi bumi. Data yang diperoleh mendukung konsep gerak jatuh bebas dan hukum fisika yang terlibat dalam proses tersebut.

## 5.2. Saran

Untuk pengembangan alat dan penelitian lebih lanjut kedepannya penulis menyarankan untuk melakukan pergantian sensor pada infrared dengan sensor ultrasonik atau kapasitif yang lebih responsif, dikarenakan untuk pembacaan sensor infrared bisa dipengaruhi oleh perubahan lingkungan. Jika ada gangguan dari sumber cahaya lain, sensor infrared dapat memberikan hasil yang tidak konsisten. Serta sensor infrared memiliki akurasi pengukuran yang terbatas terutama pada jarak yang lebih jauh.

## Daftar Pustaka

- Fa'izah, J. N. (2021). Pengembangan Alat Peraga Papan Inclinasi Berbasis Arduino Pada Materi Dinamika Gerak Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Peserta Didik. BS thesis. Jakarta: FITK UIN Syari Hidayatullah Jakarta.
- Huda, A. S. M., Zuraiyah, T. A., & Hakim, F. L. (2019). Prototype alat pengukur jarak dan sudut kemiringan digital menggunakan sensor ultrasonik dan accelerometer berbasis Arduino Nano. *Bina Insani Ict Journal*, 6(2): 75-84.
- Martha, M. D. dan Amrizal. (2022). Rancang bangun Aplikasi Control Glue dengan C# pada PT SAT NUSAPERSADA. *Tbk. Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE)*. 7(4):21-29.
- Ristiawan, A. (2018). Analisis Gerak Jatuh Bebas dengan Metode Video Based Laboratory (VBL) Menggunakan Software Tracker. *Journal of Teaching and Learning Physics*. 3. 26-30.
- Riyaldi, R. dan Hardjianto, M. (2022). Prototype Kendali Alat Elektronika Dan Lampu Berbasis IoT Dengan Sensor IR Obstacle Avoidance Pada PT. Srikandi

Diamond Motors. Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI). 30 September 2022, Jakarta, Indonesia. 829-838.

Sirait, I, S. (2018). Modul Praktikum GLB dan GLBB berbasis Labview Laporan Proyek Akhir. T.A. Politeknik Negeri Batam.

Supriyatna, S. dan Roza, L. (2021). Analisis ke Akuratan Sensor Inframerah dan Stopwatch pada Praktik GLB dan GLBB. Jurnal Inovasi Penelitian. 2(1): 69-78.

## Biodata



Nama : Ahmad Kadafi  
 TTL : Jagaraga, 26 Juli 2002  
 Agama : Islam  
 Alamat : Bengkong Nusantara 2 Blok B No 28

Email : ahmadkadafi265@gmail.com  
 Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMAN 8 Batam  
 SMP : SMP Widya 4 Batam



Nama : Brayend Dimas Anggoro  
 TTL : Batam, 06 Juni 2002  
 Agama : Kristen Protestan  
 Alamat : Buana Garden Blok Orchid no 83

Email : brayenddimas143143@gmail.com  
 Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMAN 1 Sipahutar  
 SMP : -



Nama : M. Fadhil Fawwaz  
 TTL : Batam, 29 Desember 2001  
 Agama : Islam  
 Alamat : Taman Batu Aji Indah 3 Blok AZ-11

Email : hello.fadhil12@gmail.com  
 Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMKN 1 Batam  
 SMP : SMP II Luqman Al Hakim

## Lampiran

Lampiran Koding

#include<Wire.h>

```

#include <Stepper.h>
#include <Servo.h>
Servo myservo;
//////////////////////////////////////-----INFRARED INISIALISASI-----
-----//////////////////////////////////////
int IR1 = 23, IR2 = 24, IR3 = 25, IR4 = 26, IR5 = 27, IR6 = 28, IR7 = 29, IR8 = 30, IR9
= 31, IR10 = 32, IRKofisien = 22; long time1, time11, time2, time22, time3, time33,
time4, time44, time5, time55, time6, time66, time7, time77, time8, time88, time9,
time99, time10, time100;
bool objectDetected1 = false; bool objectDetected2 =
false; bool objectDetected3 = false; bool objectDetected4 = false; bool
objectDetected5 = false;
bool objectDetected6 = false; bool objectDetected7 =
false; bool objectDetected8 = false; bool objectDetected9 = false; bool
objectDetected10 = false;
//////////////////////////////////////-----MPU6050 INISIALISASI-----
-----//////////////////////////////////////
const int MPU_addr = 0x68; int16_t AcX, AcY, AcZ, Tmp, GyX, GyY, GyZ;
int minVal = 265; int maxVal = 402; double x; double y; double z; unsigned
long waktuSebelum=0;
//////////////////////////////////////-----DATA MASUK INISIALISASI-----
-----////////////////////////////////////// int
nilaiSwitch; int nilai; int nilaiSudut; char c; String dataIn;
String dataSi;
//////////////////////////////////////-----MOTOR & LIMIT SWITCH
INISIALISASI-----
//////////////////////////////////////
const int stepsPin = 3; ///KABEL ABU ABU B- BIRU B+ KUNING A-
HIJAU A+ MERAH
const int dirPin = 5;///KABEL BIRU const
int enPin = 8;///KABEL COKLAT const int
LSatas = 6; /// KABEL MERAH
const int LSbawah = 4;/// KABEL KUNING
//////////////////////////////////////-----Void SETUP INPUT-----
////////////////////////////////////// void
setup() { Serial.begin(115200); myservo.attach(7); myservo.write(180);
//////////////////////////////////////-----INFRARED INPUT-----
//////////////////////////////////////
pinMode(IR1, INPUT); pinMode(IR2, INPUT);pinMode(IR3, INPUT); pinMode(IR4,
INPUT);pinMode(IR5, INPUT);

```

```

pinMode(IR6, INPUT);pinMode(IR7, INPUT); pinMode(IR8, INPUT); pinMode(IR9,
INPUT);pinMode(IR10, INPUT); pinMode(IRKoeffisien, INPUT);
////////////////////////////////////-----MPU6050 INPUT-----
////////////////////////////////////
Wire.begin();
Wire.beginTransmission(MPU_addr); //Panggil alamat sensornya
Wire.write(0x6B); //Register Power nya
Wire.write(0); // Setting semua ke 0
Wire.endTransmission(true);
////////////////////////////////////-----MOTOR OUTPUT & LIMITSWITCH
INPUT-----
////////////////////////////////////
pinMode(enPin, OUTPUT); pinMode(stepsPin, OUTPUT);
pinMode(dirPin, OUTPUT); pinMode(LSatas,
INPUT_PULLUP); pinMode(LSbawah, INPUT_PULLUP);
digitalWrite(enPin, LOW);
}
////////////////////////////////////-----VOID LOOP & VOID BARU-----
-----// void
loop() { Receive_Serial_Data(); bacaInfrared(); unsigned long
waktuSekarang=millis();
if(waktuSekarang-waktuSebelum>=500){
Serial.println("+");
bacaSensorMPU6050();
waktuSebelum=millis();
}
}
////////////////////////////////////-----INFRARED DETECTED-----
--// void
bacaInfrared(){
if (digitalRead(IR1) == LOW && !objectDetected1) {
time1 = micros();
objectDetected1 = true;
}
if (digitalRead(IR2) == LOW && !objectDetected2) {
time2 = micros();
objectDetected2 = true;
}
if (digitalRead(IR3) == LOW && !objectDetected3) {
time3 = micros();
}
}

```

```

    objectDetected3 = true;
}
if (digitalRead(IR4) == LOW && !objectDetected4) {
    time4 = micros();
    objectDetected4 = true;
}
if (digitalRead(IR5) == LOW && !objectDetected5) {
    time5 = micros();
    objectDetected5 = true;
}
if (digitalRead(IR6) == LOW && !objectDetected6) {
    time6 = micros();
    objectDetected6 = true;
}
if (digitalRead(IR7) == LOW && !objectDetected7) {
    time7 = micros();
    objectDetected7 = true;
}
if (digitalRead(IR8) == LOW && !objectDetected8) {
    time8 = micros();
    objectDetected8 = true;
}
if (digitalRead(IR9) == LOW && !objectDetected9) {
    time9 = micros();
    objectDetected9 = true;
}
if (digitalRead(IR10) == LOW && !objectDetected10) {
    time10 = micros();
    objectDetected10 = true;
}
}
}
void      infraredtampilan(){
    time11 = time1 - time1;
    Serial.println("!");
    Serial.println(time11);

    time22 = time2 - time1;
    Serial.println("@");
    Serial.println(time22);
}

```

```

time33 = time3 - time1;
Serial.println("#");
Serial.println(time33);

time44 = time4 - time1;
Serial.println("$");
Serial.println(time44);

time55 = time5 - time1;
Serial.println("%");
Serial.println(time55);

time66 = time6 - time1;
Serial.println("^");
Serial.println(time66);

time77 = time7 - time1;
Serial.println("&");
Serial.println(time77);

time88 = time8 - time1;
Serial.println("*");
Serial.println(time88);

time99 = time9 - time1;
Serial.println("(");
Serial.println(time99);

time100 = time10 - time1;
Serial.println(")"); Serial.println(time100);
}
////////////////////////////////////-----BACA MPU6050-----
////////////////////////////////////
void bacaSensorMPU6050(){
Wire.beginTransmission(MPU_addr); //Alamat MPU
Wire.write(0x3B); //Panggil alamat Accelorometer
Wire.endTransmission(false);
Wire.requestFrom(MPU_addr, 14, true); // Data byte

```

```

AcX = Wire.read() << 8 | Wire.read(); // data bit AcY =
Wire.read() << 8 | Wire.read(); // data bit AcZ =
Wire.read() << 8 | Wire.read(); // data bit

int xAng = map(AcX, minVal, maxVal, -90, 90);
int yAng = map(AcY, minVal, maxVal, -90, 90);
int zAng = map(AcZ, minVal, maxVal, -90, 90);

x = RAD_TO_DEG * (atan2(-yAng, -zAng) + PI);
y = RAD_TO_DEG * (atan2(-xAng, -zAng) + PI);
z = RAD_TO_DEG * (atan2(-yAng, -xAng) + PI);
// z = z - 180;

//Serial.println("z");
Serial.println(x);
/*Serial.println("x");
Serial.println(x);
Serial.println("y");
Serial.println(z);*/
}
////////////////////////////////////-----DATA MASUK DITERIMA-----
-----////////////////////////////////////
void Receive_Serial_Data()
{
while (Serial.available() > 0)
{
c = Serial.read();
if (c == '+' || c == '#')
{
if (c == '+')
{
nilai = dataIn.toInt();
if (nilai >= 0 && nilai <= 90)
{
nilaiSudut = nilai;
if (nilaiSudut >= x)
{
MotorNaik();
}
}
else

```

```

    {
        MotorTurun();
    }
}
else{
    nilaiSudut = 0;
    Serial.println(nilaiSudut);
    Serial.println("nilai tidak di amabang batas");
}
}
if (c == '#')
{
    nilaiSwitch = dataSi.toInt(); if(c=='#')
    {
        switch (nilaiSwitch){
            ///////////////----MULAI    1----////////////////////
            case 1:
                Serial.println("Tombol Mulai diJalankan");
                Mulai();
                break;
            ///////////////----JALANKAN    2----////////////////////
            case 2:
                Serial.println("Tombol Servo Naik");
                ServoNaik();
                break; case 3:
                Serial.println("Tombol Servo Turun");
                ServoTurun();
                break;
            ///////////////----RESET    3----////////////////////
            case 4:
                Serial.println("Tombol Reset diJalankan");
                Reset();
                break;
            ///////////////----
            HOME 4----
            ///////////////
            case 5:
                Serial.println("Tombol Home diJalankan");
                Home();
                break;

```

```

////////////////////////////////-----Nilai   Infrared-----////////////////////////////////
case 6:
    Serial.println("Tombol Tampilkan Nilai"); infraredtampilan();
    break;
default:
    break;
}
}
}
c = 0;
dataSi = "";
dataIn = "";
}
else
{
    dataSi += c;
    dataIn += c;
}
}
}
}
//////////////////////////////////////////-----VOID TOMBOL DAN KONTROL
MOTOR-----
//////////////////////////////////////////
void Mulai(){
//////////////////////////////////////////-----TOMBOL MULAI-&-KOEFSIEN
GESEK-----
//////////////////////////////////////////
    digitalWrite(dirPin, HIGH);
    while (digitalRead(IRKoeffisien) == LOW && digitalRead(LSatas) == HIGH ){
        Serial.println("+");
        bacaSensorMPU6050();
        Serial.println("_");
        bacaSensorMPU6050();
        motorStep(1);
        delay(5);
    }
    if(digitalRead(IRKoeffisien) == HIGH){
        digitalWrite(enPin, 0);
        Serial.println("Berhenti IR1");
    }
}

```

```

if(digitalRead(IRKoeffisien) == LOW && digitalRead(LSatas) == LOW){
digitalWrite(enPin, 0);
Serial.println("Berhenti Dua Duanya");
}
if (digitalRead(LSatas) == LOW) { digitalWrite(dirPin,
LOW);
Serial.println("mundur");
}
while (digitalRead(LSatas) == LOW) { motorStep(1);
delay(5);
}
}
void Home(){
//////////////////////////////////////-----TOMBOL HOME-----
----//////////////////////////////////////
if (x <= 10)
{
digitalWrite(dirPin, HIGH);
unsigned long startTime = millis();
while (millis() - startTime < 2000)
{
Serial.println("Naik dlu");
motorStep(1);
delay(5);
}
delay(2000); digitalWrite(dirPin,
LOW); while (digitalRead(LSbawah) ==
HIGH){ motorStep(1);
delay(5);
}
if (digitalRead(LSbawah) == LOW) { digitalWrite(dirPin,
HIGH);
Serial.println("Naik");
}
while (digitalRead(LSbawah) == LOW) { motorStep(1);
delay(5);
}
}
else
{

```

```

digitalWrite(dirPin, LOW); while
(digitalRead(LSbawah) == HIGH){
motorStep(1);
delay(5);
}
if (digitalRead(LSbawah) == LOW) { digitalWrite(dirPin,
HIGH);
Serial.println("Naik");
}
while (digitalRead(LSbawah) == LOW) {
motorStep(1);
delay(5);
}
}
}
void Reset(){
//////////////////////////////////////-----TOMBOL RESET-----
-----////////////////////////////////////// if
(objectDetected1 || objectDetected2 || objectDetected3 || objectDetected4 ||
objectDetected5 || objectDetected6 || objectDetected7 || objectDetected8
|| objectDetected9 || objectDetected10){ objectDetected1 = false;
objectDetected2 = false; objectDetected3 = false;
objectDetected4 = false; objectDetected5 = false; objectDetected6 = false;
objectDetected7 = false; objectDetected8 = false;
objectDetected9 = false; objectDetected10 = false;
Serial.println("Waktu Telah Direset");
ServoTurun();
}
//Home();
}
void MotorNaik(){
//////////////////////////////////////-----FUNGSI MOTOR NAIK-----
-----//////////////////////////////////////
// panggil fungsi untuk membaca sensor MPU6050 dan memperbarui nilai z
digitalWrite(dirPin, HIGH); Serial.println("Naik");
while(nilaiSudut >= x && digitalRead(LSatas) == HIGH ){
Serial.println("+");
bacaSensorMPU6050();
motorStep(1);
delay(5);
}
}
}

```

```

}
if(x >= nilaiSudut){
digitalWrite(enPin, 0);
Serial.println("Berhenti");
}
if(nilaiSudut >= x && digitalRead(LSatas) == LOW ){
digitalWrite(enPin, 0);
Serial.println("Berhenti Dua duanya");
}
if(digitalRead(LSatas) == LOW){ digitalWrite(dirPin,
LOW);
Serial.println("Turun");
}
while(digitalRead(LSatas) == LOW){ motorStep(1);
delay(5);
}
}
void MotorTurun(){
////////////////////////////////////-----FUNGSI MOTOR TURUN-----
-----////////////////////////////////////
// panggil fungsi untuk membaca sensor MPU6050 dan memperbarui nilai z
digitalWrite(dirPin, LOW); ////LOW turun HIGH naik Serial.println("Turun");
while(nilaiSudut <= x && digitalRead(LSbawah) == HIGH ){
Serial.println("+");
bacaSensorMPU6050();
motorStep(1);
delay(5);
}
if(x <= nilaiSudut){
digitalWrite(enPin, 0);
Serial.println("Berhenti");
}
if(nilaiSudut <= x && digitalRead(LSbawah) == LOW ){
digitalWrite(enPin, 0);
Serial.println("Berhenti Dua duanya");
}
if(digitalRead(LSbawah) == LOW){ digitalWrite(dirPin,
HIGH);
Serial.println("Naik");
}
}

```

```

    while(digitalRead(LSbawah) == LOW){ motorStep(1);
    delay(5);
    }
}
void motorStep (int max){
//////////////////////////////////////-----PULSA MOTOR-----
-----//////////////////////////////////////
    for (int x = 0; x < 800; x++){ digitalWrite(stepsPin, HIGH);
    delayMicroseconds(500); digitalWrite(stepsPin, LOW);
    delayMicroseconds(500);
    }
}
void ServoNaik(){
    myservo.write(90);
}
void ServoTurun(){
    myservo.write(180);
}

```