

**RANCANG BANGUN ALAT GERAK JATUH BEBAS BERBASIS
ARDUINO UNO PADA PRAKTIKUM FISIKA**

(Studi Kasus: Praktikum Gerak Jatuh Bebas di Praktikum Fisika)

LAPORAN KERJA PRAKTEK

Disusun oleh:

Randi Albraim Koyongian

17011004



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK DE LA SALLE
MANADO
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN KERJA PRAKTEK**

Judul :
**Rancang Bangun Alat Gerak Jatuh Bebas Berbasis Arduino Uno Pada
Praktikum Fisika**

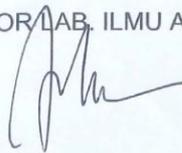
(Studi Kasus: Praktikum Gerak Jatuh Bebas di Laboratorium Fisika)

Telah disetujui dan disahkan pada tanggal : _____

Oleh :

(Julie Cynthia Rante, S.T., M.T.)

KOORDINATOR LAB. ILMU ALAM DASAR



(Tanda Tangan)

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Randi Albraim Koyongian
NIM : 17011004
Tempat/Tanggal Lahir : Luwuk, 11 Oktober 1996
Fakultas/Program Studi : Fakultas Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan bahwa Laporan KP dan Alat berjudul Rancang Bangun Alat Gerak Jatuh Bebas Berbasis Arduino Uno Pada Praktikum Fisika yang saya buat adalah benar hasil karya saya dan bukan karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan apabila pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi akademis sesuai dengan yang ditetapkan oleh Fakultas, berupa pembatalan Kerja Praktek dan hasilnya.

Manado, 15 Juli 2023

Yang Menyatakan,



Randi Albarim Koyongian

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Julie Cynthia Rante, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing II

Chrysantus M.M. Padachan, S.Pd., MAP

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Ir. Ryan Laksamana Singgeta, S.T., M.Sc.

Dekan Fakultas Teknik

Ronald Albert Rachmadi, S.T., M.T



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK DE LA SALLE
MANADO**

FORM KP - 003

FORMULIR DATA UMUM PERUSAHAAN

NAMA MAHASISWA : Randi Albraim Koyongian
NIM : 17011004

NAMA PERUSAHAAN : Laboratorium Ilmu Alam Dasar Universitas Katolik
De La Salle Manado

ALAMAT PERUSAHAAN : Jl. Kairagi I, Jl. Kombos-Manado, Kairagi I, Kec.
Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara

DIDIRIKAN TAHUN : 7 Agustus 2000
IJIN USAHA : Surat Keputusan Menteri Pendidikan Nomor
123/D/0/2000

BIDANG BISNIS : Pendidikan
JUMLAH KARYAWAN : Satu
PEMILIK : Yayasan Perguruan
DEWAN DIREKTUR : De La Salle Manado

WAKIL PERUSAHAAN
Tanggal :
Nama : Julie Cynthia Rante, S.T., M.T.
Jabatan : Koordinator Lab. Ilmu Alam Dasar

(Tanda tangan dan
cap perusahaan) :



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK DE LA SALLE
MANADO**

FORM KP - 004

FORMULIR PENILAIAN KEMAJUAN KERJA PRAKTEK

A. UMUM

Nama Mahasiswa : Randi Albraim Koyongian
NIM Mahasiswa : 17011004
Program Studi : Teknik Elektro
Dosen Pembimbing Akademik : Ir. Ryan Laksamana Singgeta, S.T., M.Sc.
Topik/Rencana Bidang : Rancang Bangun Alat Gerak Berbasis Arduino Uno
Pada Praktikum Fisika
Pembimbing 1 : Julie Cynthia Rante, S.T., M.T.
Terhitung Mulai :
Target Selesai :

B. KEGIATAN PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK

No.	Tanggal	Jenis Kegiatan	Paraf Pembimbing
1.	27/02/2023	Konsultasi judul laporan KP	
2.	27/02/2023	Konsultasi judul laporan KP	
3.	28/02/2023	Bab I dan Bab III	
4.	06/03/2023	Percobaan alat coding	
5.	27/03/2023	Bab IV	
6.	04/04/2023	Bab I – Bab III	
7.	10/05/2023	Percobaan alat/coding	
8.	15/05/2023	Bab I – Bab III	
9.	31/05/2023	Bab I – Bab III	
10.	01/06/2023	Bab IV	
11.	02/06/2023	Bab I – Bab V	
12.	02/06/2023	Bab I – Bab V	
13.	05/06/2023	Bab I – Bab V	
14.	05/06/2023	Bab I – Bab V	
15.	06/06/2023	Bab I – Bab V	
16.	06/06/2023	Bab I – Bab V	

Manado,.....

Dosen Pembimbing KP

(Julie Cynthia Rante, S.T., M.T.)



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK DE LA SALLE
MANADO**

FORM KP - 005

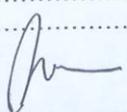
FORMULIR PENILAIAN PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK

Mohon diisi dan dicek seperlunya,

NAMA MAHASISWA : Randi Albraim Koyongian
NIM : 17011004
NAMA PERUSAHAAN : Laboratorium Ilmu Alam Dasar Universitas Katolik De La Salle Manado
ALAMAT PERUSAHAAN : Jl. Kairagi I, Jl. Kombos-Manado, Kairagi I, Kec. Mapanget, Kota Manado, Sulawesi Utara
TGL KERJA PRAKTEK :
TOPIK YANG DIBAHAS :

Nilai Sikap =	50	60	70	80	90	100
Kerajinan =	50	60	70	80	90	100
Prestasi =	50	60	70	80	90	100

KOMENTAR/SARAN

NILAI RATA-RATA :
TANGGAL :
NAMA PENILAI :
JABATAN :
(Tanda tangan dan cap perusahaan) : 

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Kerja Praktik dan laporan ini dengan baik dan sesuai dengan waktu yang diberikan. Adapun laporan ini berisi tentang “Rancang Bangun Alat Gerak Jatuh Bebas Berbasis Arduino Uno Pada Praktikum Fisika”. Saya berharap dengan diselesaikannya Kerja Praktik dan pembuatan laporan ini dapat membantu Laboratorium Fisika Fakultas Teknik Unika De La Salle agar semakin mudah dalam pelaksanaan Praktikum Fisika.

Kerja Praktik dan pembuatan alat gerak jatuh bebas berbasis Arduino uno serta pembuatan laporan ini tentunya bukan semata-merta hasil dari kerja keras saya sendiri, untuk itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Kuasa, karena telah memudahkan segalanya dan karena kuasa serta kemuliaanNya saya bisa mendapatkan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat.
2. Prof. Dr. Johanis Ohoitumur, M.Sc, sebagai Rektor Universitas Katolik De La Salle Manado.
3. Ronald Albert Rachmadi, S.T., M.T, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado.
4. Ryan Laksana Singgeta, S.T., M.Sc, sebagai Ketua Program Studi Teknik Elektro dan Dosen Pembimbing Akademik yang banyak memberikan saran, arahan serta dorongan dalam menyelesaikan Kerja Praktek.
5. Julie Rante, S.T., M.T, sebagai Dosen pembimbing I banyak memberikan saran dan ide-ide dalam penyelesaian laporan kerja praktek.
6. Chrysantus M.M. Padachan, S.Pd., M.A.P, sebagai Dosen pembimbing II yang banyak memberikan masukan serta ide-ide dalam proses pembuatan laporan kerja praktek.
7. Lianly Rompis, S.T., M.I.T.S, Ir. Alexander Rura Patras M.T., Kristian Alex Dame, S.T., M.Sc, Viktori Polly, S.T., M.Sc, Verna Y.P. Bokau, S.T., M.T, selaku Dosen dosen Teknik Elektro yang telah banyak

memberikan ilmu pengetahuan serta mental dan moral yang tidak dapat diukur.

8. Keluarga besar Koyongian – Dana. Papa, Mama, Kakak – kakak, Adik, yang telah mendidik saya sampai saat ini, mereka sebagai penyemangat saya dalam menjalankan hidup ini.
9. Novienda Valencia yang banyak membantu, mendukung dan memberikan motivasi dalam hidup saya serta banyak membantu dalam proses pembuatan dan penyelesaian laporan kerja praktek.
10. Teman teman yang banyak membantu saya, swensy wales, tito, dennis dana, dan adik – adik Teknik Elektro yang saya tidak dapat disebutkan satu persatu namanya.
11. Kepada semua pihak yang banyak membantu saya, yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, yang telah ikut dalam proses penyelesaian laporan kerja praktek ini, senantiasa Tuhan membalas kebaikan serta memberikan berkat yang melimpah.

Laporan ini tentunya masih jauh dari kata sempurna, untuk itu saya memohon maaf apabila banyak kekurangan baik yang disengaja maupun yang tidak.

Sekian yang dapat saya sampaikan, atas perhatiannya saya ucapkan terima kasih.

Manado, 7 Juni 2023

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
FORMULIR DATA UMUM PERUSAHAAN	iii
FORMULIR PENILAIAN KEMAJUAN KERJA PRAKTEK.....	iv
FORMULIR PENILAIAN PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK	v
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Manfaat Kerja Praktik	3
1.5. Batasan Masalah.....	3
BAB II.....	5
PROFIL UMUM INSTITUSI.....	5
2.1. Visi Misi Universitas Katolik De La Salle Manado	5
2.2. Profil Lasallian	6
2.3. Struktur Universitas Katolik De La Salle Manado.....	7
2.4. Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado	8
2.5. Struktur Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado.....	8
2.6. Laboratorium Fisika Universitas Katolik De La Salle Manado	9
BAB III	12
LANDASAN TEORI.....	12
3.1. Gerak Jatuh Bebas (GJB)	12
3.2. GLBB	13
3.3. Hukum Newton	15
3.3.1. Hukum II Newton	15
3.4. Percepatan Gravitasi.....	16

3.5.	Arduino Uno.....	18
3.6.	Sensor Proximity E18-D80Nk.....	19
3.7.	Adaptor.....	20
3.8.	Resistor.....	20
3.9.	<i>Push Button</i>	22
3.10.	<i>Relay</i>	23
BAB IV		26
PENGAMBILAN DATA DAN PEMBAHASAN		26
4.1.	Konsep Perancangan Sistem	26
4.2.	Perancangan Alat Gerak Jatuh Bebas.....	27
4.3.	Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Rancang Bangun.....	28
4.4.	Diagram Alur Sistem.....	29
4.5.	Perakitan Alat Gerak Jatuh Bebas	32
4.6.	Pengambilan Data.....	36
BAB V.....		49
PENUTUP.....		49
5.1.	Kesimpulan.....	49
5.2.	Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA		xii

DAFTAR TABEL

BAB II PROFILE UMUM INSTITUSI

Tabel 1. Jadwal Penggunaan Laboratoium Fisika.....	11
--	----

BAB III LANDASAN TEORI

Tabel 2. Bagian-Bagian Arduino Uno	18
--	----

BAB IV PENGAMBILAN DATA DAN PEMBAHASAN

No table of figures entries found.

Tabel 3. Koneksi Pin dari Setiap Komponen Alat	32
Tabel 4. Data Percobaan dengan Alat Gerak Jatuh Bebas	36
Tabel 5. Data Percobaan Manual	39
Tabel 6. Perhitungan Nilai Gravitasi pada Ketinggian 60 cm	40
Tabel 7. Perhitungan Nilia Gravitasi pada Ketinggian 30 cm	41
Tabel 8. Perhitungan Kecepatan Benda pada Ketinggian 60 cm	42
Tabel 9. Perhitungan Kecepatan Benda pada Ketinggian 30 cm	42
Tabel 10. Data Waktu Percobaan Sensor	44
Tabel 11. Selisih Kuadrat	46
Tabel 12. Nilai Standar Deviasi dan Persen Kesalahan	47

DAFTAR GAMBAR

BAB II PROFILE UMUM INSTITUSI

Gambar 1 Struktur Yayasan Pendidikan Katolik	7
Gambar 2 Struktur Yayasan Perguruan Tinggi Universitas Katolik De La Salle Manado	8
Gambar 3 Struktur Universitas Katolik De La Salle Manado.....	8
Gambar 4 Struktur Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado.....	9
Gambar 5 Struktur Laboratorium Fisika	10

BAB III LANDASAN TEORI

Gambar 6 Grafik v terhadap t.....	15
Gambar 7 Grafik x terhadap t.....	15
Gambar 8 Sketsa Percepatan Gravitasi Bumi dengan Percepatan Benda	16
Gambar 9 Arduino Uno.....	18
Gambar 10 Sensor Proximity	20
Gambar 11 Simbol Resistor	21
Gambar 12 Nilai Resistansi Resistor.....	22
Gambar 13 Wiring Push Button.....	23
Gambar 14 Saklar Push Button	23
Gambar 15 Relay.....	24
Gambar 16 Simbol Relay	24
Gambar 17 Cara Kerja Relay	24

BAB IV PENGAMBILAN DATA DAN PEMBAHSAN

Gambar 18 Diagram Hardware Alat Gerak Jatuh Bebas	26
Gambar 19 Rangkaian Hardware Alat Gerak Jatuh Bebas	28
Gambar 20 Flowchart Percobaan Gerak Jatuh Bebas	30
Gambar 21 Alat Gerak Jatuh Bebas Berbasis Arduino Uno	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fisika adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang memuat berbagai fenomena fisis abstrak dan mengkaji gejala alam. Pada fisika, fenomena fisik dan gejala alam tersebut dapat disampaikan melalui konsep teori ataupun eksperimen. Dengan dilakukannya eksperimen, maka dapat dilakukan pembuktian dari data yang didapatkan dengan konsep teori yang ada. Menurut (Dasriyani et al., 2014) salah satu eksperimen gejala alam yang menghasilkan fenomena fisis adalah gerak jatuh bebas. [1]

Menurut (Giancolli, 2001), gerak jatuh bebas merupakan gerak jatuh benda secara vertikal dengan ketinggian tertentu dan tidak terdapat kecepatan awal (V_0). (Menurut Galileo), jika pada suatu percobaan udara dan hambatannya diabaikan, maka semua benda akan mengalami percepatan yang konstan. Berdasarkan teorinya, hanya satu faktor yang mempengaruhi benda dalam gerak jatuh bebas, yaitu gravitasi bumi (g), sedangkan untuk faktor lain dapat diabaikan. Nilai percepatan benda pada gerak jatuh bebas memiliki nilai yang hampir sama dengan nilai gravitasi bumi (g) yang besarnya setara dengan $9,8 \text{ m/s}^2$. [2]

Menurut (Giancolli, 2014) dalam pembuktian setiap teori pada gerak jatuh bebas, maka perlu dilakukan eksperimen agar data hasil pengukuran yang didapatkan dapat di uji dan di analisis sesuai dengan teori yang ada. Namun, permasalahan yang terjadi adalah kurangnya alat-alat penunjang praktikum. Dimana, ilmu fisika tidak efektif apabila hanya diberikan teorinya saja, tetapi harus dilakukan praktik/eksperimen langsung dalam kehidupan nyata sehingga akan terlihat lebih relevan [3].

Menurut (dasriyani et al., 2014), dengan dilakukannya pengembangan alat gerak jatuh bebas, maka akan didapatkan data (waktu) yang lebih akurat dan dapat membuat proses pengolahan data menjadi lebih cepat dan efisien. Pada umumnya, dalam pengambilan data (waktu) secara manual menggunakan *stopwatch*, hal

tersebut dapat menyebabkan tingkat akurasi dan kepresisian dari pengukuran waktu relatif menjadi lebih rendah. [4]

Maka, dengan dibuatnya alat peraga gerak jatuh bebas diharapkan dapat membantu dalam proses belajar dan tidak harus melakukan praktikum secara manual menggunakan *stopwatch*. Selain itu, dengan adanya alat peraga data hasil pengukuran yang didapatkan pasti akan lebih konstan karena telah tersusun didalam sistem, sehingga hasil yang didapatkan akan lebih akurat. Dalam rancang bangun alat gerak jatuh bebas ini, dibuat menggunakan Arduino uno dan sensor *infrared*. Arduino Uno merupakan pusat dari pembuatan alat peraga gerak jatuh bebas karena coding yang berisikan fungsi-fungsi telah tersimpan pada mikrokontroller Arduino Uno. Maka, Arduino Uno dapat mengendalikan berbagai komponen-komponen elektronika lainnya dalam pembuatan alat peraga karena seluruh komponen yang digunakan telah tersambung ke Arduino Uno menggunakan kabel 6 jalur. Sedangkan untuk sensor *infrared* digunakan untuk mendeteksi waktu tempuh gerak jatuh bebas secara otomatis dan hasilnya akan muncul pada LCD.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dan dalam rancang bangun alat gerak jatuh bebas berbasis Arduino, maka rumusan masalah untuk laporan Kerja Praktek ini, yaitu:

1. Apa saja hal yang mempengaruhi terjadinya gerak jatuh bebas?
2. Bagaimana membuat rancang bangun alat gerak jatuh bebas berbasis Arduino?
3. Bagaimana penggunaan sensor *infrared* dalam pembacaan saat benda jatuh, dan bagaimana analisis yang didapatkan dari pengukuran waktu tempuh gerak jatuh bebas menggunakan alat yang dibuat?

1.3. Tujuan

Berdasarkan penelitian yang dibuat, tujuan dari Kerja Praktik di Laboratorium Fisika Universitas Katolik De La Salle, yaitu:

1. Merancang alat gerak jatuh bebas berbasis Arduino dengan menggunakan sensor infrared.
2. Mempermudah mahasiswa/i pada Program Studi Teknik Elektro dalam melaksanakan praktikum Gerak Jatuh Bebas.
3. Melakukan percobaan karakteristik dengan alat yang dirancang dan melakukan pembuktian berdasarkan teori pada Gerak Jatuh Bebas dengan data yang lebih akurat.

1.4. Manfaat Kerja Praktik

Berdasarkan rancang bangun alat gerak jatuh bebas berbasis Arduino yang telah dilakukan pada Kerja Praktik ini, berikut adalah beberapa manfaat yang didapatkan:

1. Praktikan dapat mengetahui bagaimana cara membuat alat gerak jatuh bebas berbasis Arduino Uno dengan memanfaatkan sensor infrared.
2. Dapat mengembangkan alat gerak jatuh bebas pada praktikum fisika, sehingga data percobaan yang didapatkan akan memiliki nilai yang lebih akurat dan ketelitian serta ketepatan dari pada percobaan secara manual.

1.5. Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil Kerja Praktik yang lebih terfokuskan, berikut adalah batasan masalah untuk Rancang Bangun Alat Gerak Jatuh Bebas Berbasis Arduino yang dibuat untuk Laboratorium Fisika Universitas Katolik De La Salle Manado, yaitu:

1. Hanya menghasilkan *output* berupa waktu (t), kecepatan (v), dan percepatan gravitasi bumi (g).
2. Alat gerak jatuh bebas dibuat berdasarkan Arduino Uno.
3. Menggunakan sensor *proximity* untuk mengukur waktu tempuh benda.
4. Dalam pembuatan alat hanya menggunakan sensor *proximity* dan output yang ditampilkan melalui LCD.
5. Percobaan dilakukan menggunakan bola pingpong, kelereng besar, dan kelereng kecil dengan massa nya secara berurutan yaitu (2,7; 22; 5,7)gr.

BAB II

PROFIL UMUM INSTITUSI

Pada saat terjadinya krisis moneter di Indonesia tahun 1997, maka Keuskupan Manado mendirikan Universitas Katolik De La Salle Manado sebagai bentuk kepedulian dari krisis yang melanda Indonesia. Menurut Uskup Manado, Mgr. Joseph Suwatan untuk mengatasi krisis tersebut dapat dilakukan pendirian suatu lembaga pendidikan tinggi. Dalam pendiriannya, Keuskupan Manado bekerja sama dengan Bruder De La Salle Pilipina. Selain itu, terdapat sebuah kongregasi yang dibentuk di Rheims, Prancis pada 1680 mendedikasikan diri untuk perkembangan pendidikan dengan motto Unika, yaitu *Religio* (Iman), *Mores* (Moral), dan *Cultura* (Budaya).

Nama “De La Salle” yang digunakan oleh Universitas merupakan nama dari semua orang kudus. Unika De La Salle Manado didirikan pada 7 Agustus 2000 dengan 5 fakultas dan terdiri dari 10 program studi. Awalnya Unika De La Salle terletak di pusat kota Manado dan pada Oktober 2002, Unika De La Salle dipindahkan ke perbukitan Kombos dan diresmikan pada 30 November 2002 oleh Uskup Manado, Mgr. Josef Suwatan.

2.1. Visi Misi Universitas Katolik De La Salle Manado

Dalam sebuah organisasi atau perusahaan, tentunya terdapat visi dan misi yang menjadi acuan untuk perkembangan organisasi atau perusahaan tersebut. Berikut adalah visi dan misi yang menjadi acuan atau target dari Universitas Katolik De La Salle Manado.

a. Visi

Universitas Katolik De La Salle Manado memiliki dasar Pancasila dan Religio – Mores – Cultura sebagai landasan dan bertujuan untuk mencetak lulusan yang memiliki kemampuan kritis serta inovatif dalam berpikir, kemampuan komunikasi yang efektif, pembelajar seumur hidup yang reflektif, peduli terhadap lingkungan, berjiwa wirausaha dan menjadi warga negara yang berdedikasi dalam pelayanan.

b. Misi

1. Menerapkan nilai-nilai Lasallian di semua aspek universitas agar terciptan sosok pemimpin, pendidik, dan lulusan yang sesuai dengan identitas Lasallian.
2. Mengadakan pendidikan, pengajaran, dan pengabdian kepada masyarakat berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh seluruh dosen, dengan tujuan meningkatkan kontribusi universitas dalam bidang ilmu pengetahuan, teknologi, kebudayaan serta kesejahteraan masyarakat;
3. Secara konsisten menerapkan Sistem Penjaminan Mutu Internal (SPMI) untuk memastikan prinsip-prinsip *good university governance*;
4. Membangun kerjasama yang strategis dengan berbagai entitas, baik loka maupun internasional, dengan tujuan meningkatkan keterampilan, keahlian profesional, dan membuka peluang atau kesempatan berkarir bagi para lulusan serta untuk meningkatkan mutu pelaksanaan tugas-tugas universitas.

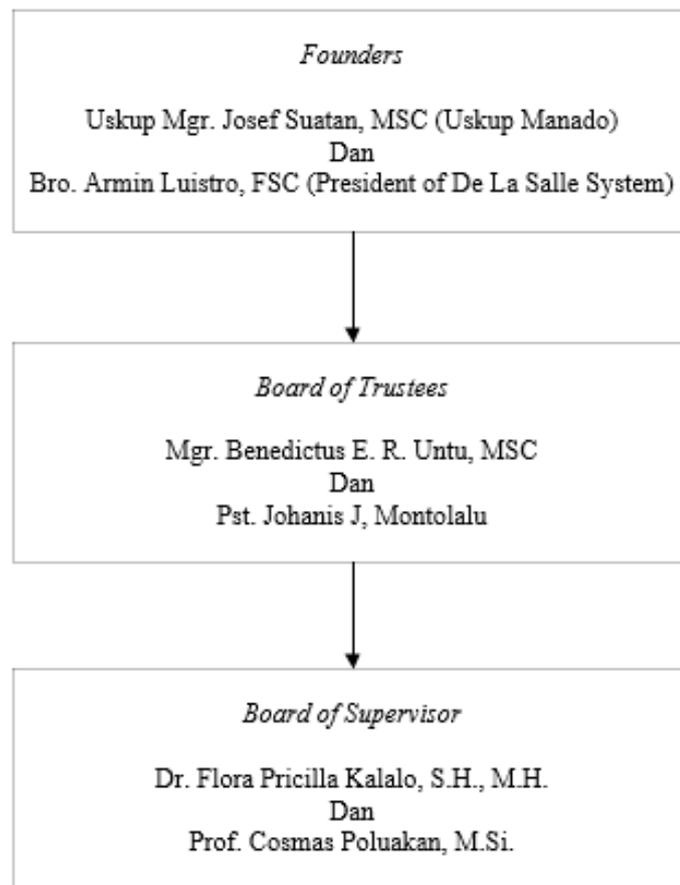
2.2. Profil Lasallian

Lasallian merupakan sebuah misi yang juga mejadi pegangan Universitas Katolik De La Salle Manado untuk peduli pada orang-orang yang terbuang melalui pendidikan. Profil lasallian merupakan nilai-nilai yang harus ada, berdasarkan prinsip-prinsip yang di kemukakan oleh St. John Babtist De La Salle, pada setiap anggota dari Universitas Katolik De La Salle Manado, yang ditanamkan sebagai pondasi dalam berkarya, yang meliputi :

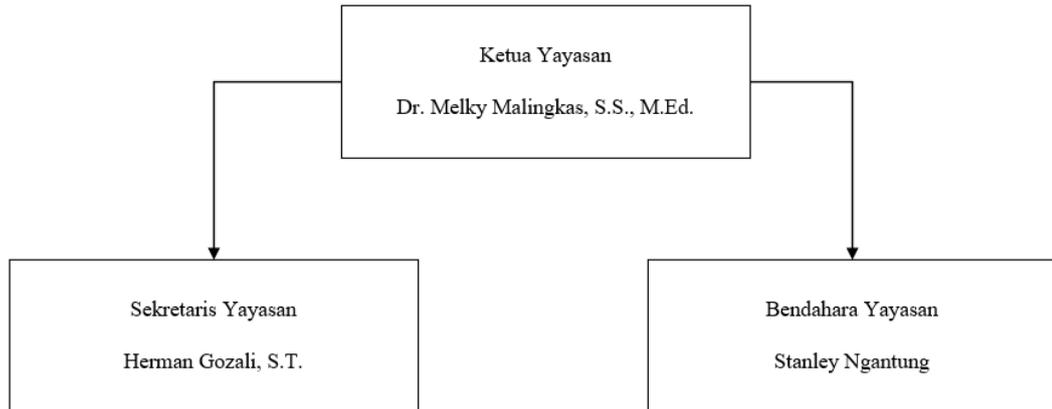
1. *Committed* (Dapat bertanggung-jawab pada sesama). *Person for others*;
2. *Competent* (Menguasai ilmu dan *skill* sesuai bidang ilmu; dapat diandalkan untuk melaksanakan tugas dan tanggungjawab secara efektif dan efisien);
3. *Confident* (Kompetensi merupakan salah satu sumber rasa percaya diri yang mendorong seorang Lasallian untuk memberi sumbangsih dalam pembangunan masyarakat);
4. *Concerned* (Peduli dan berusaha memberikan kontribusi pada apa yang terjadi disekitarnya);
5. *Christian* (Segala sesuatu yang dilakukan berlandaskan pada kecintaan pada Sang Pencipta).

2.3. Struktur Universitas Katolik De La Salle Manado

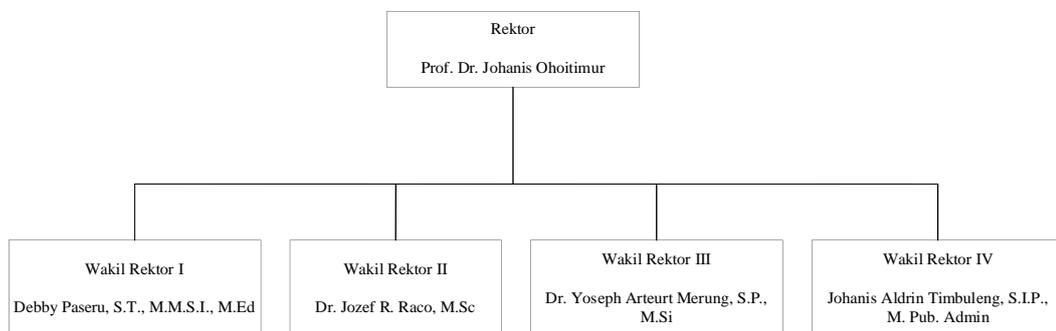
Sesuai dengan profilnya, Universitas Katolik De La Salle Manado berada dibawah naungan dan koordinasi dari sebuah Yayasan milik Gereja Katolik. Dimana, Yayasan tersebut membawahi berbagai bidang pendidikan dari komunitas Gereja Katolik, terutama bidang pendidikan di tingkat perguruan tinggi. Berikut merupakan struktur dari koordinasi Yayasan Pendidikan Perguruan Tinggi Universitas Katolik De La Salle Manado.



Gambar 1. Stuktur Yayasan Pendidikan Katolik



Gambar 2. Struktur Yayasan Perguruan Tinggi Universitas Katolik De La Salle Manado



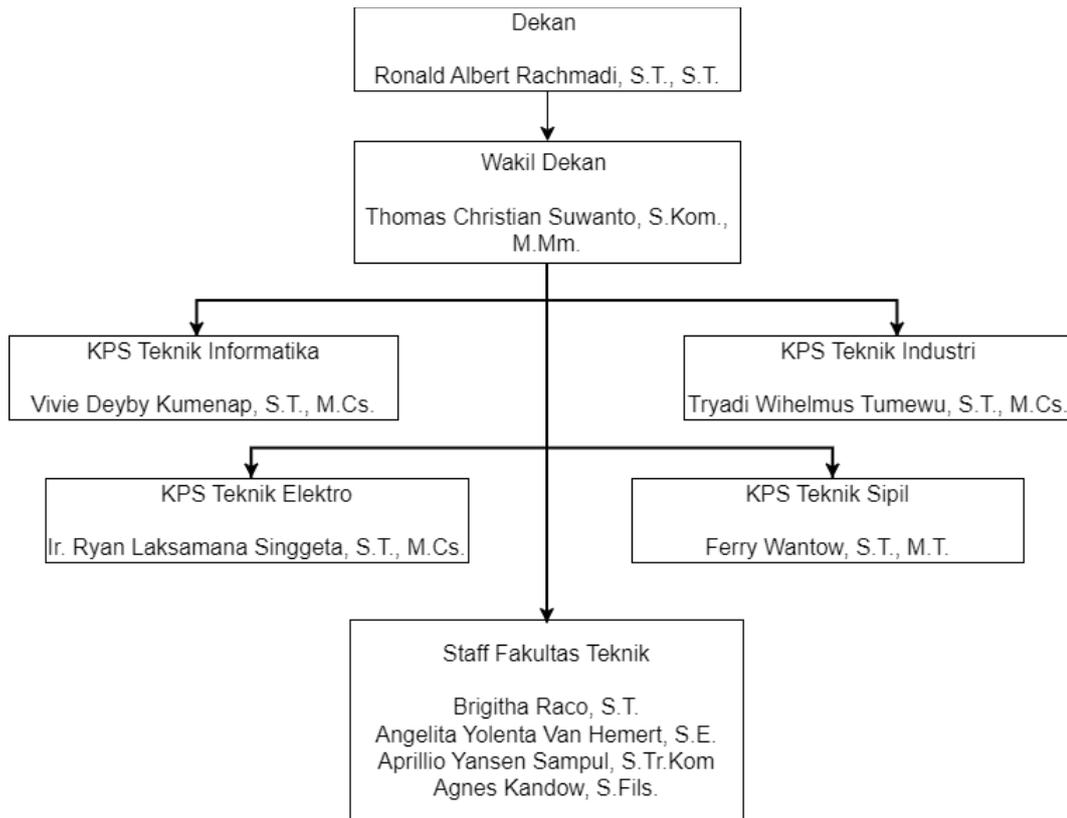
Gambar 3. Struktur Universitas Katolik De La Salle Manado

2.4. Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado

Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado memiliki tujuan utama untuk menjadi unggul dalam pengetahuan dan pendidikan di bidang Teknik Informatika, Teknik Industri, Teknik Elektro, dan Teknik Sipil dengan kegiatan yang didasarkan pada nilai-nilai agama, integritas moral, dan pendekatan budaya. Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado berkomitmen untuk menciptakan lulusan yang memiliki keahlian dan berkualitas, peduli terhadap sekitar, serta menjadi masyarakat informasi yang bertanggung jawab.

2.5. Struktur Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado

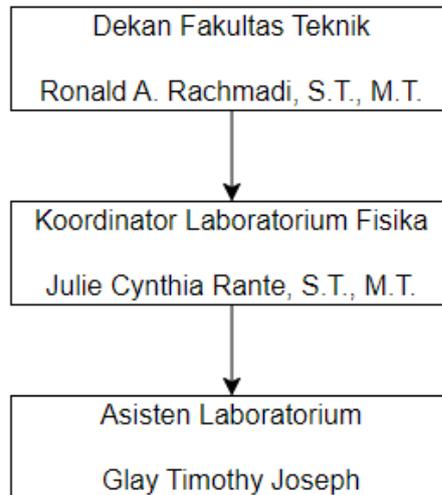
Fakultas teknik merupakan sebuah divisi yang menjadi tempat pelaksanaan Kerja Praktik. Berikut merupakan struktur Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado.



Gambar 4. Struktur Fakultas Teknik Universitas Katolik De La Salle Manado

2.6. Laboratorium Fisika Universitas Katolik De La Salle Manado

Laboratorium Fisika merupakan salah satu fasilitas yang disediakan oleh Universitas Katolik De La Salle Manado untuk menunjang kegiatan perkuliahan mahasiswa/I fakultas teknik. Laboratorium fisika memiliki ruangan dengan kompartemen yang memiliki fungsinya masing-masing. Mulai dari bagian yang digunakan untuk kelas praktikum, hingga bagian yang digunakan untuk penyimpanan peralatan praktikum beserta modul-modul praktikum. Berikut merupakan struktur kepengurusan dari Laboratorium Fisika Universitas Katolik De La Salle Manado.



Gambar 5. Struktur Laboratorium Fisika

Pada struktur kepengurusan tersebut, laboratorium fisika berada di bawah naungan Fakultas Teknik. Dimana, terdapat koordinator laboratorium fisika yang dijabat oleh seorang dosen pengajar yang bertanggung jawab pada laboratorium fisika dan asisten laboratorium yang dijabat oleh seorang mahasiswa serta bertanggung jawab pada laboratoium fisika dan dapat membantu dosen dalam pembelajaran. Berikut merupakan tabel yang berisi jadwal penggunaan laboratorium fisika berdasarkan mata kuliah, program studi, semester, jumlah sks, hari, dan dosen pengampu.

Tabel 1. Jadwal Penggunaan Laboratoium Fisika

No	Hari	Mata Kuliah	SKS	Dosen Pengajar	Fakultas/Program Studi	Semester
1	Senin	Pengolahan Sinyal Digital	2	Julie Rante, S.T., M.T	Teknik / Elektro	4
2	Senin	Praktikum Fisika 2	1	Ryan Laksmana Singgeta, S.T., M.Sc	Teknik / Elektro	2
3	Rabu	Jaringan dan Rekayasa Trafik	3	Julie Rante, S.T., M.T	Teknik / Elektro	6
4	Rabu	Metodologi Penelitian	2	Julie Rante, S.T., M.T	Teknik / Elektro	6
5	Rabu	Sistem Kendali Optimal	3	Viktori Polly, S.T., M.Sc	Teknik / Elektro	6
6	Jumat	Robotika	3	Ryan Laksmana Singgeta, S.T., M.Sc	Teknik / Elektro	6

BAB III

LANDASAN TEORI

Pada pembuatan laporan kerja praktik dan “Rancang Bangun Alat Gerak Jatuh Bebas Berbasis Arduino Uno”, terdapat beberapa teori yang dapat mendukung hasil yang didapatkan dari percobaan alat. Berikut merupakan beberapa teori pendukungnya.

3.1. Gerak Jatuh Bebas (GJB)

Gerak jatuh bebas merupakan sebuah gerak vertikal ke bawah, dimana tidak terdapat kecepatan awal ($V_0 = 0$) dalam gerak tersebut. Gerak ini hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi, dan semakin ke bawah gerak benda akan semakin cepat. Secara teori, semua benda yang mengalami gerak jatuh bebas akan mengalami percepatan gravitasi yang sama, yaitu sama dengan percepatan gravitasi bumi. Gerak jatuh bebas merupakan salah satu contoh dari Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB). Menurut Aristoteles, benda dengan berat yang lebih besar akan jatuh lebih cepat dibandingkan benda yang lebih ringan [5].

Sesuai dengan teori dari Aristoteles, hal yang menyebabkan benda dengan berat yang lebih besar akan jatuh lebih cepat daripada benda yang lebih ringan karena terdapat gaya gesekan udara. Menurut Galile, jika tidak terdapat udara atau hambatan lainnya, semua objek akan jatuh dengan percepatan yang sama. Dalam fenomena gerak jatuh bebas, grafik kecepatan vertikal benda terhadap waktu ($V_y - t$) secara teorinya akan membentuk garis lurus dengan tingkat kemiringan yang spesifik. Analisis regresi dapat digunakan untuk memperoleh tingkat kemiringan yang diinginkan oleh grafik tersebut. Berikut merupakan persamaan dari regresi linear:

$$V_y = At + B \quad (3.1)$$

Keterangan:

V_y = Variabel terikat

t = Variabel bebas

A = Koefisien variable t (gradien garis)

B = Konstanta

Dalam menghitung gerak jatuh bebas, harus diketahui beberapa variabel, seperti ketinggian benda, waktu, dan percepatan gravitasi. Berikut merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung kecepatan dan ketinggian benda.

$$V_t = V_0 + g \cdot t \quad (3.2)$$

$$V_t^2 = V_0^2 + 2 \cdot g \cdot h \quad (3.3)$$

$$h = V_0 \cdot t + \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad (3.4)$$

Keterangan:

V_t = Kecepatan setelah t detik (m/s)

V_0 = Kecepatan awal (m/s)

t = Waktu (s)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

3.2. GLBB

Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) merupakan sebuah gerak lurus yang kecepatannya dapat dapat berubah secara konstan. Dalam GLBB perubahan kecepatan pada benda bersifat konstan dengan selang waktu tertentu (percepatannya konstan) sehingga kecepatan benda akan meningkat. Pada keadaan umum, dengan kecepatan awal benda adalah v_0 dan kecepatan benda setelah bergerak selama t sekon adalah v_t , maka persamaan dari percepatan rata-rata sebagai berikut. [6]

$$a = \frac{v_t - v_0}{t} \quad (3.5)$$

$$v_t = v_0 + at \quad (3.6)$$

Untuk kecepatan rata-rata pada benda yang bergerak lurus berubah beraturan dapat ditulis sebagai berikut.

$$v = \frac{v_t + v_0}{2} \quad (3.7)$$

Selain itu, dalam gerak lurus berubah beraturan berlaku persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned}
 x &= x_0 + v_t \\
 x &= x_0 + \left(\frac{v_t + v_0}{2}\right) t \\
 x &= x_0 + \frac{v_t}{2} t + \frac{v_0}{2} t \\
 x &= x_0 + \frac{v_0}{2} t + \frac{v_0 + at}{2} t \\
 x &= x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

Berdasarkan hukum kekekalan energi, maka diperoleh persamaan lain yang dapat digunakan pada gerak lurus berubah beraturan, berikut merupakan persamaannya.

$$v_t^2 = v_0^2 + 2as \tag{3.9}$$

Keterangan:

x = Jarak jatuh benda (m)

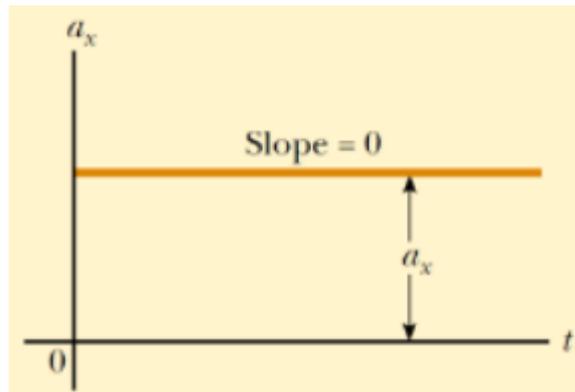
v_0 = Kecepatan awal (m/s)

v_t = Kecepatan akhir (m/s)

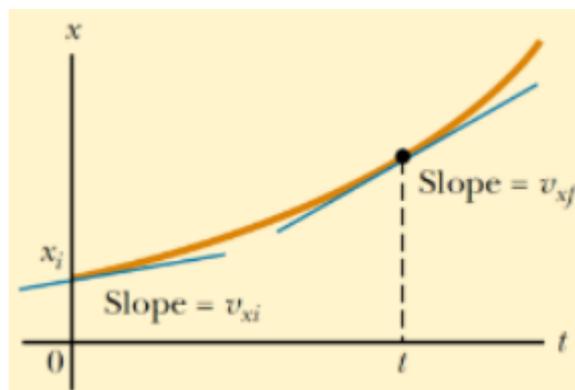
T = Waktu jatuh benda (s)

a = Percepatan (m/s^2)

Benda akan bergerak semakin cepat jika nilai percepatan adalah positif dan akan bergerak semakin lambat (percepatan berlawanan dengan arah gerak benda) jika nilai percepatan negatif. Hal tersebut menyebabkan pola garis pada grafik v terhadap t menjadi lurus miring, karena nilai v berbanding lurus dengan t , sedangkan untuk pola garis pada grafik x terhadap t^2 menjadi parabola ke atas, karena nilai x berbanding lurus dengan kuadrat waktu pada beda. Gambar 6 dan 7 berikut merupakan gambar pola grafik v terhadap t dan pola grafik x terhadap t^2 .



Gambar 6. Grafik v terhadap t



Gambar 7. Grafik x terhadap t

3.3. Hukum Newton

Hukum Newton merupakan salah satu hukum dalam fisika yang menjelaskan tentang perpindahan sebuah objek, dimana dalam perpindahan tersebut terdapat jarak dari suatu gaya yang terjadi pada objek tersebut. Hukum Newton menggambarkan tentang hubungan antara gaya dan massa yang terdapat pada sebuah objek dengan gerakan yang disebabkan. Hukum Newton dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu Hukum I Newton, Hukum II Newton, dan Hukum III Newton, dimana untuk Gerak Jatuh Bebas konsep yang digunakan adalah konsep dari Hukum II Newton. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut mengenai Hukum II Newton.

3.3.1. Hukum II Newton

Hukum II Newton merupakan sebuah konsep yang menyatakan bahwa sebuah benda yang dikenai gaya, maka benda tersebut akan mengalami percepatan yang nilainya sebanding dengan gaya dan berbanding terbalik dengan massa bendanya. Dimana, pada Hukum II Newton dikatakan bahwa semakin besar gaya

yang diberikan maka semakin besar nilai percepatannya, sedangkan semakin besar massa benda maka semakin kecil nilai percepatannya. Sama halnya pada Gerak Jatuh Bebas dimana nilai $V_0 = 0$ dan ketika benda dikenai gaya maka nilai kecepatannya (V) akan berubah sesuai dengan gaya yang diberikan. [7]

Berdasarkan Hukum II Newton, terdapat sebuah persamaan yang dapat digunakan untuk mencari nilai percepatan, berikut merupakan persamaannya.

$$a = \frac{\sum F}{m}$$

$$\sum F = ma \quad (3.10)$$

Keterangan:

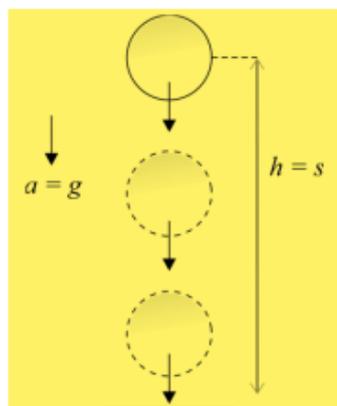
a = Percepatan (m/s^2)

F = Gaya (N)

m = Massa benda (Kg)

3.4. Percepatan Gravitasi

Pada gerak jatuh bebas pergerakan benda hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi dan mengabaikan gaya-gaya yang lain. Dalam gerak jatuh bebas arah benda akan searah dengan percepatan gravitasi Bumi, sehingga besarnya nilai percepatan benda akan sama dengan besarnya nilai percepatan gravitasi Bumi yang besarnya setara dengan $9,8 \text{ m/s}^2$. Gambar 8 berikut merupakan sketsa gambar dari hubungan antara percepatan gravitasi Bumi dengan percepatan benda.



Gambar 8. Sketsa Percepatan Gravitasi Bumi dengan Percepatan Benda

Berdasarkan gambar 8 diatas, saat benda berada diatas atau pada ketinggian tertentu, lamanya benda untuk jatuh hanya dipengaruhi oleh tinggi dan percepatan gravitasi bumi. Dimana, jika terdapat dua buah benda dengan massa berbeda dan dijatuhkan secara bersamaan, maka waktu tempuh kedua benda tersebut akan sama jika mengabaikan gesekan udara. Pada gambar 8 diatas, terdapat persamaan yang dapat digunakan untuk mencari nilai kecepatan dan ketinggian, berikut merupakan persamaannya.

$$v = gt \quad (3.11)$$

$$v = \frac{h}{t} \quad (3.12)$$

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (3.13)$$

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (3.14)$$

$$v = g \left(\sqrt{\frac{2h}{g}} \right) \quad (3.15)$$

$$v = \sqrt{2gh} \quad (3.16)$$

Keterangan:

v = Kecepatan (m/s)

g = Gravitasi (m/s^2)

h = Ketinggian (m)

t = Waktu (s)

Berdasarkan gambar 8 diatas, dapat dilihat bahwa sebuah benda saat dijatuhkan dari ketinggian tertentu maka memiliki nilai ketinggian (h) dan tidak memiliki kecepatan awal ($V_0 = 0$). Persamaan awal yang digunakan dalam gerak jatuh bebas untuk menghitung kecepatan adalah $V_t = V_0 + g.t$, dimana diketahui bahwa ($V_0 = 0$) maka $V_t = gt$. Setelah benda dijatuhkan dari ketinggian (h) tertentu maka akan didapatkan nilai ketinggian (h) dan juga waktu (t). Dimana, rumus ketinggian adalah $h = V_0.t + \frac{1}{2}gt^2$, dimana diketahui bahwa ($V_0 = 0$) maka $h = \frac{1}{2}gt^2$, sehingga didapatkan rumus untuk nilai gravitasi adalah $g = 2h/t^2$.

3.5. Arduino Uno

Arduino Uno merupakan sebuah papan mikrokontroler menggunakan chip ATmega 328 (*datasheet*) sebagai basisnya. Pada Arduino Uno terdapat pin digital dan pin analog, dengan total 14 pin *input / output* (I/O) yang dapat berfungsi sebagai *output* PWM untuk pin 0 sampai 13, serta 6 pin *input* analog. Pada Arduino Uno terdapat juga osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol reset.

Semua pin digital pada Arduino Uno dapat berfungsi sebagai *input* dan *output* menggunakan fungsi *digitalwrite()*, *pinMode()*, dan *digitalRead()*. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi pada tegangan 5 volt, dimana setiap pin akan mengeluarkan atau menerima arus maksimal 40mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up sebesar 20-50 kOhm. Gambar 9 berikut merupakan gambar dari Arduino Uno.



Gambar 9. Arduino Uno

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bagian-bagian pada Arduino Uno, berikut merupakan tabel yang berisikan spesifikasi dari Arduino Uno.

Tabel 2. Bagian-Bagian Arduino Uno

Mikrokontroler	ATmega 328
Tegangan pengoperasian	5 V
Tegangan Input yang disarankan	7 V-12 V

Batas Tegangan Input	6 V-20 V
Jumlah pin I/O digital	14 pin (6 diantaranya keluaran PWM)
Jumlah pin input Analog	6 pin
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3,3 V	50 mA
Memori Flash	32 KB (\pm 0,5 KB digunakan oleh bootloader)
SRAM	2 KB
EPROM	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

3.6. Sensor Proximity E18-D80Nk

Sensor Proximity merupakan salah satu sensor infrared/inframerah yang digunakan pada sebuah perangkat elektronika. Sensor ini dapat mendeteksi munculnya sebuah benda atau objek tertentu. Pada Sensor Proximity, benda dapat terdeteksi dalam jarak yang cukup dekat sekitar 1mm hingga beberapa cm. Tegangan pada sensor ini bekerja sekitar 10-30 VDC dan 100-220 VAC.

Sensor Proximity dapat mendeteksi target tanpa adanya kontak fisik, dimana sensor ini digolongkan dalam alat elektronik *solid-state*. Sensor Proximity dapat digunakan pada objek yang kecil, lunak dan ringan. Cara instalasi dari sensor ini biasanya dengan beberapa cara, yaitu *current-sourcing output* dengan menghubungkan sensor dan ground, *current-sinking output* dengan menghubungkan antara beban dan suplai positif serta sensor. Gambar 10 berikut merupakan gambar dari sensor *proximity*.



Gambar 10. Sensor Proximity E18-D80NK

3.7. Adaptor

Adaptor merupakan perangkat yang menjadi bagian dalam rangkaian elektronika, dimana alat ini berfungsi untuk mengubah tegangan listrik menjadi lebih kecil, dan mengubah arus bolak balik (AC) menjadi arus searah (DC). Pada rancang bangun alat yang dilakukan, jenis adaptor yang digunakan adalah adaptor dengan sistem *switching* yang menggunakan teknik transistor atau IC *switching*. Pada adaptor dengan sistem ini, nilai tegangan yang dikeluarkan lebih stabil dan suhu komponennya akan stabil.

Secara umum, adaptor dibagi menjadi empat macam, berikut merupakan macam-macam adaptor.

1. Adaptor *DC Converter*, berperan dalam mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan yang lebih rendah.
2. Adaptor *Step Up* dan *Step Down*, berperan dalam mengkonversi tegangan AC menjadi tegangan yang lebih tinggi ataupun sebaliknya.
3. Adaptor *Inverter*, berperan dalam mengkonversi tegangan DC yang rendah menjadi tegangan AC tinggi.
4. Adaptor *Power Supply*, berperan dalam mengubah tegangan AC yang tinggi menjadi tegangan DC yang rendah.

3.8. Resistor

Resistor merupakan sebuah komponen pasif yang dapat digunakan untuk mengatur arus listrik. Dalam penggunaannya, resistor berperan sebagai jejaring dan sirkuit elektronika, karena memiliki resistansi dan daya listrik yang dapat dihantarkan. (Frans Romario dan Stevano Agusta, 2012), resistor dapat dibaurkan dalam sebuah sirkuit hibrida, papan sirkuit cetak, dan juga sirkuit terpadu. Dimana, desain dari sirkuit dan kebutuhan data resistor harus sesuai dengan kebutuhan agar tidak terbakar. Dalam perancangan elektronika, nilai resistansi (Ohm), nilai toleransi, dan kapasitas daya pada sebuah resistor harus diketahui kemampuannya. Berikut merupakan persamaan pada resistor.

$$R = \frac{V}{I} \quad (3.17)$$

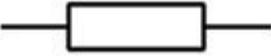
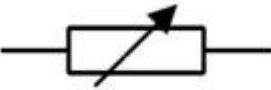
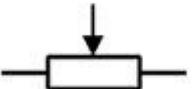
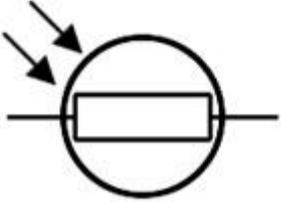
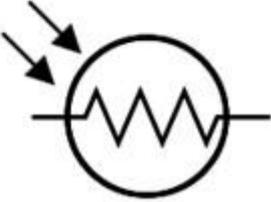
Keterangan:

R = Tahanan (Ohm)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Seperti yang dijelaskan diatas, resistor dapat diintegrasikan ke berbagai sirkuit. Gambar 11 berikut merupakan gambar yang berisikan simbol-simbol sirkuit pada resistor.

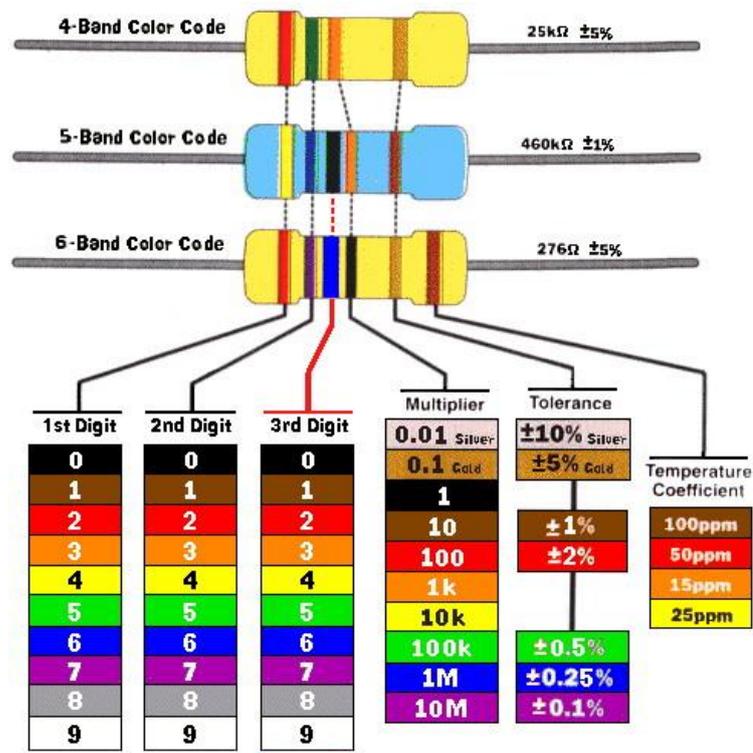
Component	European Symbol	American Symbol
Resistor		
Variable Resistor		
Potentiometer		
Thermistor		
Light Dependent Resistor (LDR)		

Gambar 11. Simbol Resistor

Seperti penjelasan sebelumnya, sebuah resistor harus diketahui berapa kapasitas daya dan nilai toleransinya. Kapasitas daya pada suatu resistor dapat ditentukan berdasarkan ukuran fisiknya dan tulisan yang menyatakan kapasitas daya dalam satuan watt. Dengan diketahuinya kapasitas daya pada resistor, maka

dapat mencegah terjadinya kerusakan yang disebabkan oleh daya atau arus yang berlebihan. Sedangkan nilai toleransi adalah perubahan nilai resistansi dari nilai yang terdapat pada *body* resistor yang menyatakan resistor dalam kondisi layak.

Resistor berdasarkan jenisnya dibedakan menjadi 3 macam, yaitu resistor kawat, resistor arang, dan resistor oksida logam atau resistor metal film. Sedangkan, jenis resistor yang digunakan dalam rancang bangun alat adalah resistor arang (*carbon resistor*) dengan kapasitas daya 10K atau ¼ watt. Pada sebuah resistor, terdapat berbagai gabungan warna yang memiliki kode atau arti yang berbeda-beda. Berdasarkan warna-warna pada resistor, maka dapat diketahui nilai resistornya dengan melihat gabungan-gabungan warna yang ada. Gambar 12 berikut merupakan kode warna resistor dalam menentukan nilai resistor.

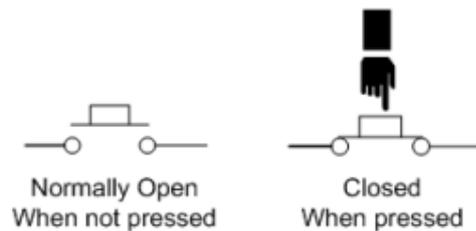


Gambar 12. Nilai Resistansi Resistor

3.9. Push Button

Push button merupakan sebuah saklar yang menjadi salah satu komponen dalam perancangan elektronika serta berfungsi untuk menghubungkan dan memutuskan beberapa titik dalam suatu rangkaian. Dalam rancang bangun alat ini, digunakan 3 buah *push button*, dimana saat *push button* pertama ditekan maka

akan mematikan titik pada sensor 2 serta menghidupkan sensor 1 dan 3, saat *push button* kedua ditekan maka akan mematikan titik pada sensor 1 serta menghidupkan sensor 2 dan 3, sedangkan saat *push button* ketiga ditekan maka akan mereset seluruh hasil serta sensor 1, 2, dan 3 akan menyala. Gambar 13 dan 14 berikut merupakan gambar yang berisikan *wiring* dan bentuk saklar *push button*.



Gambar 13. *Wiring Push Button*



Gambar 14. Saklar *Push Button*

3.10. *Relay*

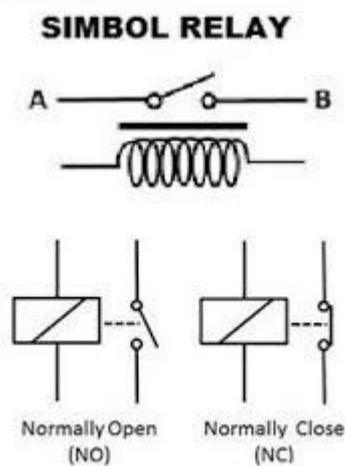
Relay adalah suatu komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar elektrik yang dikendalikan secara elektronik. *Relay* dapat bekerja dengan memanfaatkan prinsip elektromagnetik untuk mengatur aliran listrik pada sirkuit lainnya. Ketika arus mengalir melalui kumparan elektromagnetik dalam *relay*, medan magnet yang dihasilkan akan menarik kontak *switch* (saklar) untuk membuka atau menutup sirkuit lainnya.

Dengan demikian, *relay* memungkinkan kontrol yang efektif terhadap sirkuit listrik menggunakan sinyal yang lebih lemah, seperti sinyal digital atau sinyal dari mikrokontroler. *Relay* digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pengendalian motor, sistem proteksi, sistem kontrol, dan lain sebagainya. *Relay* terdiri dari dua bagian utama, yaitu koil/electromagnet dan kontak saklar. Pada *relay* berlaku prinsip elektromagnetik, sehingga dengan adanya arus listrik yang

kecil, tetap dapat menghantarkan arus listrik dengan tegangan yang lebih tinggi. Gambar 15 dan 16 berikut merupakan gambar yang berisikan simbol dan *relay*.

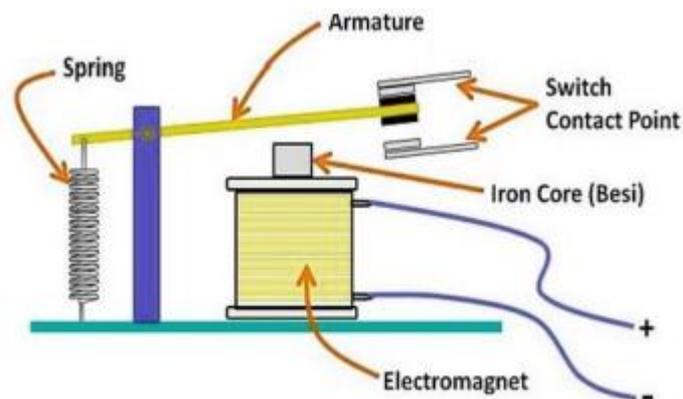


Gambar 15. *Relay*



Gambar 16. Simbol *Relay*

Pada 2 komponen utama *relay*, dapat dibedakan lagi menjadi 4 bagian, yaitu electromagnet (*coil*), *armature*, *switch contact point* (saklar) dan spring. Gambar 17 berikut merupakan gambar dari bagian *relay*.



Gambar 17. Cara Kerja *Relay*

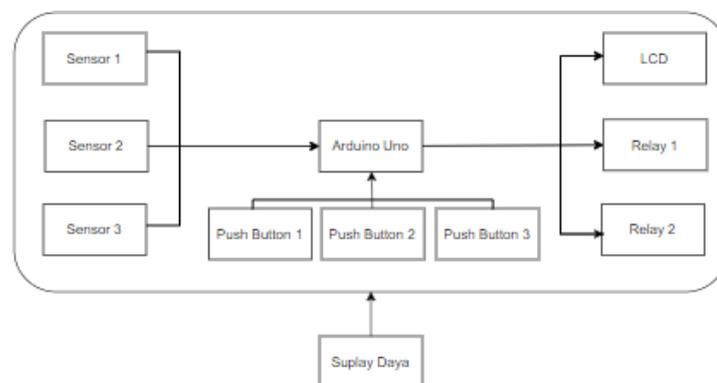
Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat bagaimana cara kerja dari *relay*. Dimana, *irone core* dililit oleh kumparan *coil*, sehingga saat *coil* mendapat aliran arus listrik, maka akan terdapat gaya elektromagnetik yang menarik *armature* dan berpindah posisi menjadi terbuka (NO) dari posisi sebelumnya, yaitu tertutup (NC).

BAB IV PENGAMBILAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Konsep Perancangan Sistem

Pada konsep perancangan sistem dalam rancang bangun alat gerak jatuh bebas berbasis Arduino Uno terdapat empat tahap perancangan. Dimana, empat tahap tersebut dibedakan menjadi perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), perancangan sistem mekanik, dan pengujian alat dengan melakukan pengambilan data. Rancang bangun alat gerak jatuh bebas ini digunakan untuk mengukur waktu tempuh benda, kecepatan, dan nilai gravitasi saat jatuh bebas dari ketinggian 60cm dan 30cm. Dalam penentuan waktu tempuh, dapat dideteksi menggunakan timer pada Arduino Uno dan sensor *infrared* yang akan mendeteksi serta membaca saat ada benda yang lewat.

Dalam perancangan pada perangkat keras alat gerak jatuh bebas, terdapat juga blok sistem, yaitu *input*, proses, dan *output*. *Input* dalam sistem perangkat keras terdiri dari 3 buah sensor infrared dan 3 buah push button. Pemrosesan data dikendalikan sepenuhnya oleh Arduino Uno yang merupakan sebuah kontroler dan didalamnya sudah terdapat coding yang berisikan kode-kode sesuai dengan perangkat kerasnya. Output dalam sistem terdiri dari *Liquid Crystal Display* (LCD) dan 2 buah relay 5V, sedangkan suplay daya/adaptor digunakan sebagai penyedia arus sehingga alat gerak jatuh bebas tetap bisa digunakan walaupun tidak terhubung dengan laptop atau komputer. Gambar 18 berikut merupakan perancangan pada perangkat keras alat gerak jatuh bebas.



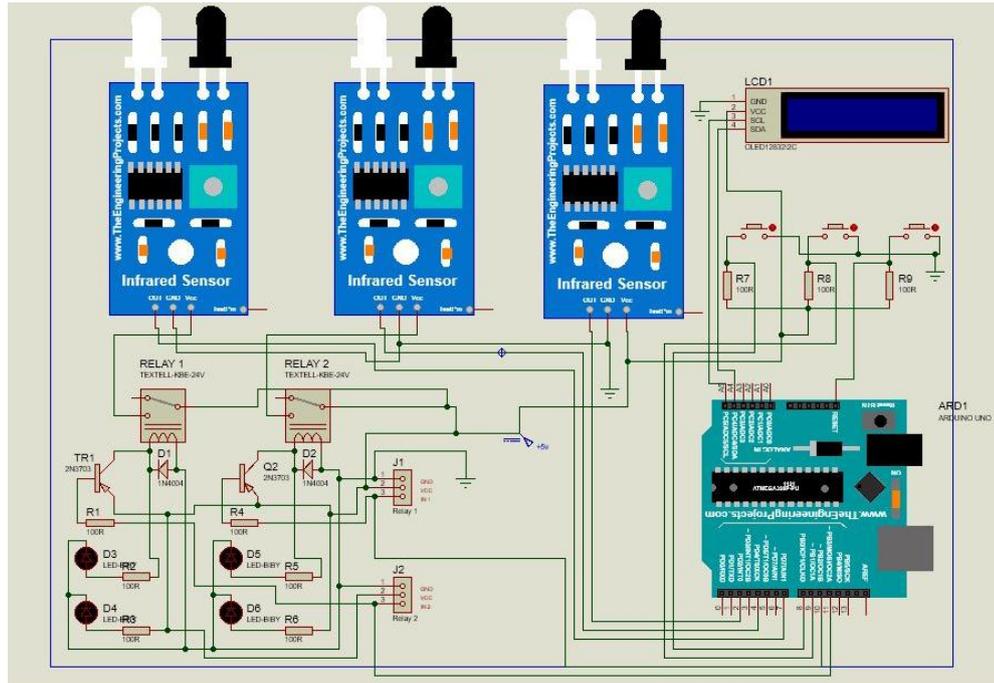
Gambar 18. Diagram *Hardware* Alat Gerak Jatuh Bebas

Berdasarkan gambar 18, seluruh perangkat keras alat gerak jatuh bebas diberikan suplay daya, dengan besar daya yaitu 5V. Pada gambar 18 di atas juga memperlihatkan sensor inframerah berfungsi untuk mendeteksi waktu tempuh benda. Pada rancang bangun alat, digunakan 3 buah sensor inframerah, dimana sensor 1 dan sensor 2 sebagai *start* dan sensor 3 sebagai *finish* pada saat benda mengalami gerak jatuh bebas. Saat benda mengalami gerak jatuh bebas, maka alat akan mendapatkan data berupa waktu jatuh benda, kecepatan, dan nilai gravitasi benda. Untuk mengetahui data-data tersebut, sensor yang dijadikan sebagai *input* akan mendeteksi benda dan kemudian data akan di proses di Arduino Uno.

Tombol *push button* digunakan sebagai kendali dalam menentukan sensor mana yang akan digunakan sebagai pendeteksi benda. Setelah diketahui sensor mana yang akan mendeteksi benda, maka *relay* akan memutuskan suplay daya pada salah satu sensor yang tidak digunakan. Kemudian, LCD akan menampilkan hasil dari pengukuran, dan untuk satu tombol *push button* berwarna hijau berfungsi mereset sensor dan data pada LCD.

4.2. Perancangan Alat Gerak Jatuh Bebas

Pada perancangan alat gerak jatuh bebas, praktikan mulai merancang berbagai komponen-komponen pendukung. Dalam perancangan ini, dapat dilihat dengan jelas bagaimana bentuk dan hubungan-hubungan antara setiap komponen yang digunakan. Perancangan alat gerak jatuh bebas dapat dibuat berdasarkan konsep perancangan sistem, yang terdiri dari *input*, proses dan *output*. Gambar 19 berikut merupakan gambar dari rancangan *hardware* alat gerak jatuh bebas yang dibuat dengan bantuan *software* proteus.



Gambar 19. Rangkaian *Hardware* Alat Gerak Jatuh Bebas

Pada gambar rangkaian diatas, terlihat bahwa semua komponen yang digunakan terhubung dengan pin-pin Arduino Uno. Dimana, untuk suplay daya yang digunakan pada perangkat keras ini bernilai 5V dan telah disambungkan ke Arduino Uno, sehingga komponen-komponen lain dapat bekerja karena VCC dan GND telah terhubung dengan Arduino Uno. Sedangkan, untuk VCC yang terdapat pada sensor 1 dihubungkan ke *relay* 1 dan sensor 2 dihubungkan ke *relay* 2.

Pada gambar 19, terlihat 3 buah *push button*, dimana jika *push button* 1 tersebut ditekan, maka arus VCC sensor 2 akan diputuskan oleh *relay* 2, sebaliknya jika *push button* 2 di tekan, maka VCC sensor 1 akan diputuskan oleh *relay* 1. sesuai perintah dari Arduino, untuk *push button* 3 di gunakan sebagai tombol *reset*.

4.3. Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Rancang Bangun

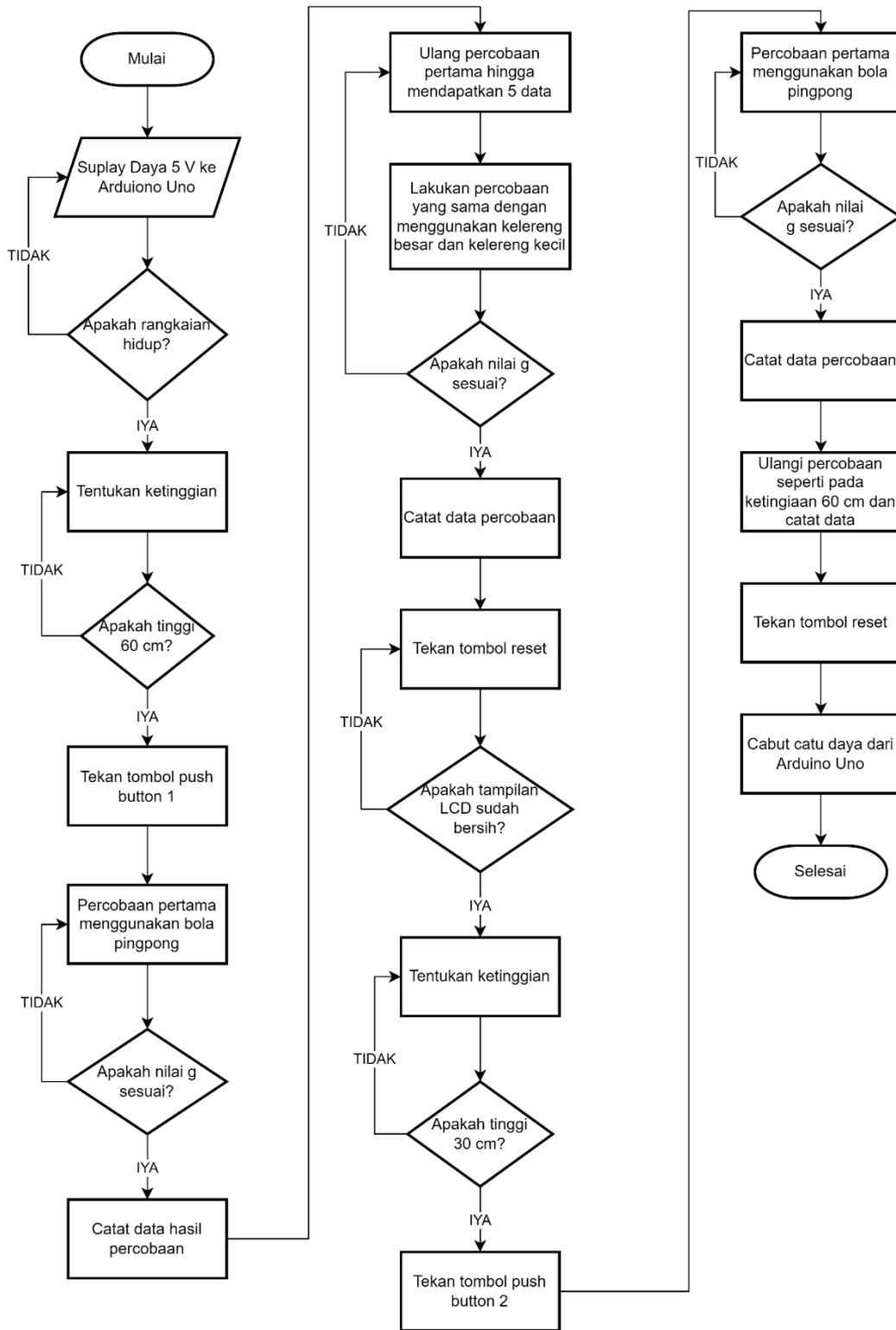
Pada rancang bangun alat gerak jatuh bebas berbasis Arduino Uno, terdapat juga komponen lain yang melengkapi rangkaian elektronika ini. Selain itu, pada Arduino Uno juga terdapat beberapa komponen seperti *mikrokontroller*, *programmer*, dan *voltage regulator*. Pada rancang bangun alat yang telah dibuat, *coding* yang akan digunakan, diupload ke mikrokontroller pada Arduino Uno, sehingga alat dapat digunakan walaupun tidak terhubung dengan *device* lain.

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam rancang bangun alat gerak jatuh bebas berbasis Arduino Uno.

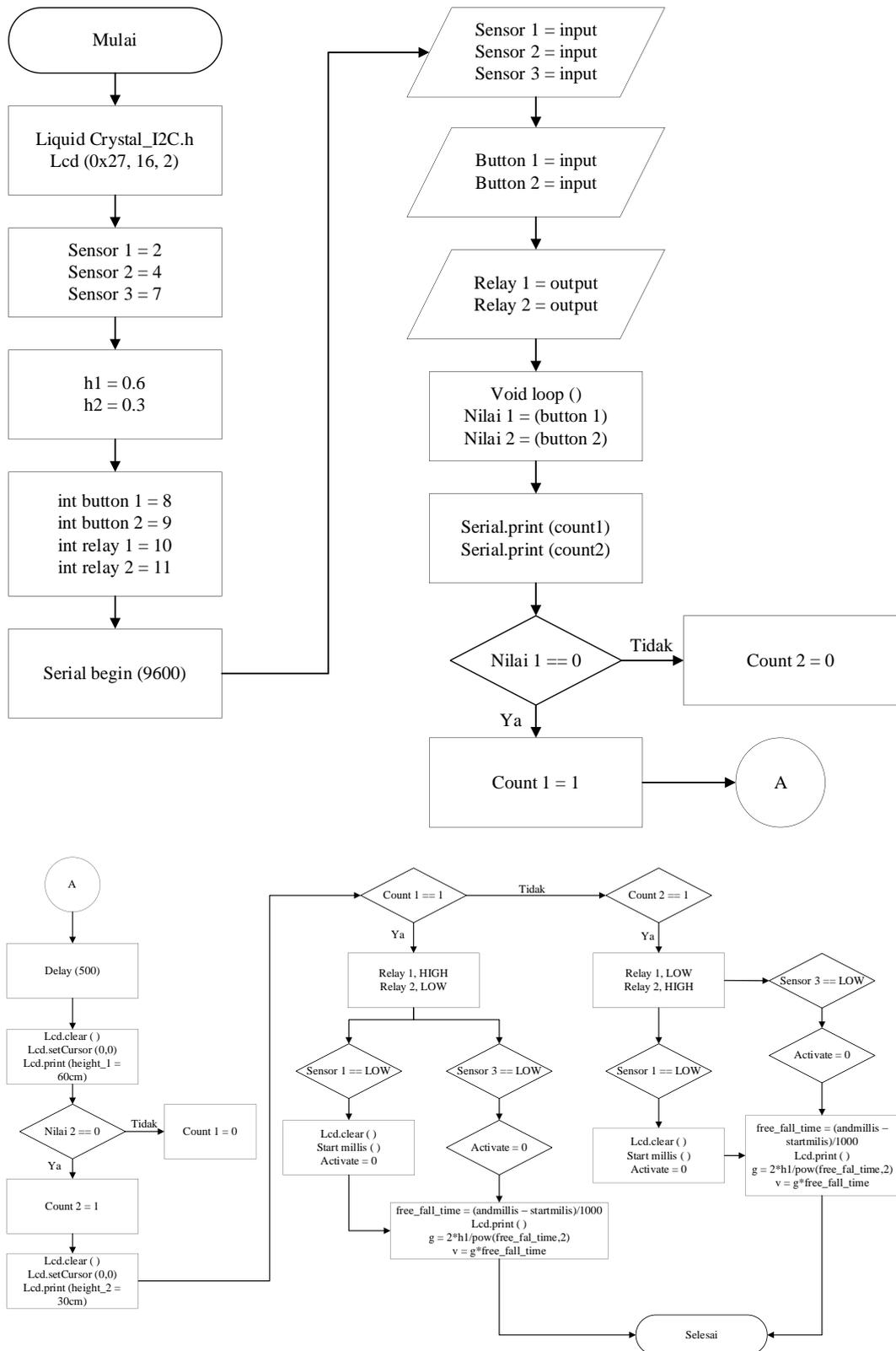
1. Arduino Uno
2. Kabel 6 jalur
3. Pin *Banana Jack Male*
4. Pin *Banana Jack Female*
5. Sensor proximity E18-d80nk
6. *Relay*
7. *Push button*
8. Resistor
9. Adaptor
10. Lcd
11. Akrilik
12. Baut
13. Kelereng besar
14. Kelereng kecil
15. Bola pingpong

4.4. Diagram Alur Sistem

Pada diagram alur sistem atau *flowchart*, berisi langkah-langkah yang harus dilakukan dalam menggunakan alar gerak jatuh bebas. Selain itu, pada *flowchart* juga terdapat berbagai keputusan yang harus diperhatikan dalam melakukan sebuah proses atau percobaan. Dengan adanya *flowchart*, maka dapat dilihat dengan jelas bagaimana gambaran atau jalan dari percobaan menggunakan alat gerak jatuh bebas. Gambar 20 berikut merupakan gambar dari *flowchart* percobaan gerak jatuh bebas dan gambar 21 merupakan *flowchart* pemrogramannya.



Gambar 20. Flowchart Percobaan Gerak Jatuh Bebas



Gambar 21. Flowchart Pemrograman

4.5. Perakitan Alat Gerak Jatuh Bebas

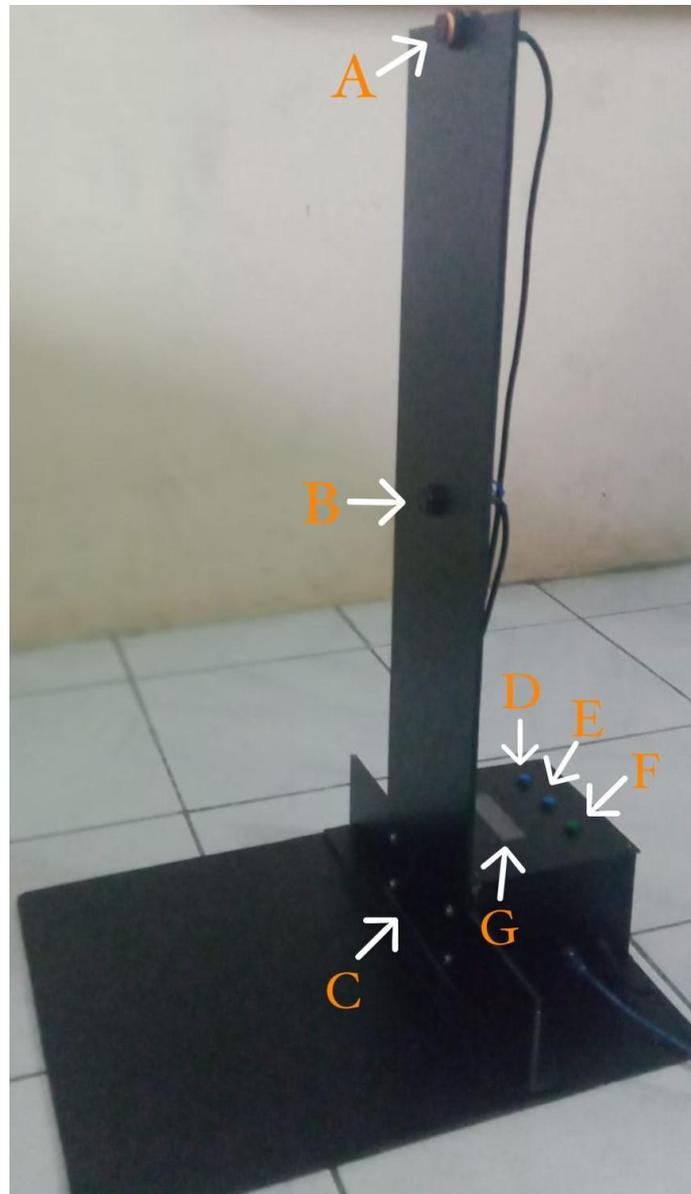
Perakitan alat gerak jatuh bebas dilakukan dengan menghubungkan seluruh komponen atau alat yang digunakan, seperti Arduino Uno, sensor *infrared/proximity*, *relay*, resistor, LCD, dan *push button* menggunakan kabel 6 jalur. Berikut merupakan tabel yang berisikan alamat-alamat dari pin asal dan pin tujuan yang nantinya saat digunakan dapat berfungsi dengan baik dan menghasilkan data dalam percobaan gerak jatuh bebas.

Tabel 3. Koneksi Pin dari Setiap Komponen Alat

Sensor 1	Arduino Uno
Out	2
GND	GND
Sensor 2	Arduino Uno
Out	4
GND	GND
Sensor 3	Arduino Uno
Out	7
VCC	5V
GND	GND
LCD	Arduino Uno
GND	GND
VCC	5V
SDA	A4
SCL	A5
Push Button 1	Arduino Uno
Kaki 1	8
Kaki 1 disambung dengan resistor	5V
Kaki 2	GND
Push Button 2	Arduino Uno

Kaki 1	9
Kaki 1 disambung dengan resistor	5V
Kaki 2	GND
Push Button 3	Arduino Uno
Kaki 1	Reset
Kaki 1 disambung dengan resistor	5V
Kaki 2	GND
Relay 1	Arduino Uno
IN	10
DC -	GND
DC +	5V
Relay 2	Arduino Uno
IN	11
DC -	GND
DC +	5V
Sensor 1	Relay 1
VCC	Com
Sensor 2	Relay 2
VCC	Com

Berdasarkan tabel koneksi hubungan pin pada setiap alat yang digunakan, gambar 21 berikut merupakan gambar dari alat gerak jatuh bebas berbasis Arduino Uno yang telah dibuat.



Gambar 22.. Alat Gerak Jatuh Bebas Berbasis Arduino Uno

Keterangan:

A = Sensor *Proximity* 1

B = Sensor *Proximity* 2

C = Sensor *Proximity* 3

D = *Push Button* 1

E = *Push Button* 2

$F = \textit{Reset}$

$G = \textit{LCD}$

Pada gambar 21 di atas menunjukkan bentuk fisik dari alat gerak jatuh bebas yang dibuat, serta dapat dilihat dengan lebih jelas bagaimana penyusunan dari setiap alat yang digunakan.

4.6. Pengambilan Data

Data dari percobaan gerak jatuh bebas diambil dari 3 benda berbeda, yaitu bola pingpong, kelereng besar, dan kelereng kecil. Pengambilan data dibedakan menjadi 2, yaitu pengambilan menggunakan alat gerak jatuh bebas dan pengambilan secara manual.

Tabel 4. Data Percobaan dengan Alat Gerak Jatuh Bebas

Tinggi (cm)	Bola pingpong (2,7gr)				Kelereng besar (22 gr)				Kelereng kecil (5,7gr)			
	t (S)	v (m/s)	g (m/s^2)	\bar{g} (m/s^2)	t (S)	v (m/s)	g (m/s^2)	\bar{g} (m/s^2)	t (S)	v (m/s)	g (m/s^2)	\bar{g} (m/s^2)
60	0,35	3,4	9,68	9,99	0,33	3,6	11,00	10,00	0,35	3,4	9,80	10,24
	0,33	3,6	11,00		0,35	3,4	9,68		0,35	3,4	9,74	
	0,35	3,4	9,74		0,35	3,4	9,74		0,35	3,4	9,68	
	0,35	3,4	9,74		0,33	3,6	11,00		0,33	3,6	11,00	
	0,35	3,4	9,80		0,37	3,2	8,58		0,33	3,6	11,00	
30	0,24	2,5	10,70	10,62	0,24	2,5	10,60	10,62	0,24	2,5	10,70	10,62
	0,24	2,5	10,70		0,24	2,5	10,60		0,24	2,5	10,70	
	0,24	2,5	10,60		0,24	2,5	10,60		0,24	2,5	10,50	
	0,24	2,5	10,60		0,24	2,5	10,60		0,24	2,5	10,60	
	0,24	2,5	10,5		0,24	2,5	10,70		0,24	2,5	10,60	

Nilai pada tabel 4 diatas, didapatkan dari percobaan menggunakan alat gerak jatuh bebas berbasis Arduino Uno. Dimana, alat tersebut dapat berjalan sesuai dengan fungsi-fungsi yang terdapat pada *coding*. Sesuai dengan data pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa rata-rata gravitasi pada bola pingpong, kelereng besar, dan kelereng kecil dengan ketinggian 60 cm dan 30 cm memiliki nilai gravitasi yang mendekati nilai percepatan gravitasi secara teoritis, yaitu $9,8 \text{ m/s}^2$ [8].

Pada data di atas, dapat dilihat bahwa percobaan dibedakan menjadi 2 berdasarkan ketinggiannya. Pada ketinggian 60 cm, percobaan dilakukan sebanyak 5 kali dengan 3 benda yang berbeda dan pada ketinggian 30 cm juga dilakukan sebanyak 5 kali dengan 3 benda yang berbeda. Pada setiap percobaan, akan didapatkan nilai waktu, kecepatan, dan gravitasi. Saat percobaan dilakukan pada ketinggian 60 cm menggunakan bola pingpong, kelereng besar, dan kelereng kecil, nilai waktu, kecepatan, dan gravitasi yang didapatkan hampir sama, dengan nilai rata-rata gravitasi secara berurutan untuk bola pingpong, kelereng besar, dan kelereng kecil adalah (9,99; 10,00; 10,24) m/s^2 .

Saat percobaan dilakukan pada ketinggian 30 cm menggunakan bola pingpong, kelereng besar, dan kelereng kecil, nilai waktu, kecepatan, dan gravitasi yang didapatkan hampir sama, dengan nilai rata-rata gravitasi pada 3 benda yang berbeda tersebut adalah sama, yaitu $10,62 \text{ m/s}^2$. Berdasarkan teorinya, (Giancolli, 2014) nilai percepatan benda dalam gerak jatuh bebas akan mendekati nilai percepatan gravitasi bumi. Untuk membuktikan teori tersebut, maka dapat dilihat dari data pada percobaan yang telah dilakukan.

Jika dilihat dari data percobaan saat semakin rendah jarak jatuh benda, maka waktu dan kecepatannya akan menurun tetapi nilai gravitasinya tetap, karena nilai gravitasi didapat dari perbandingan kecepatan dan waktu. Hal ini dapat dibuktikan dari rumus yang digunakan dalam percepatan gravitasi, yaitu $v = g.t$. Namun, hal yang menyebabkan nilai kecepatan menurun karena kecepatan merupakan perbandingan dari jarak dengan waktu, dimana semakin pendek jaraknya maka waktu tempuh akan semakin cepat. Hal tersebut terbukti dari persamaan yang digunakan, yaitu $v = h/t$. Selain itu, hal tersebut terbukti karena kecepatan dan waktu itu berbanding terbalik,

dimana saat waktu tempuh lama, maka benda bergerak dengan kecepatan kecil, sedangkan jika waktu tempuh cepat, maka benda bergerak dengan kecepatan besar [9].

Berbagai benda yang digunakan dalam percobaan memiliki ukuran dan massa yang berbeda-beda. Tetapi, nilai waktu, kecepatan, dan gravitasi yang didapatkan pada setiap percobaan hampir sama. Maka, hal ini sesuai dengan teori yang ada, yang mengatakan bahwa benda yang mengalami gerak jatuh bebas tidak terpengaruh oleh massa dan ukuran benda, sehingga nilai gravitasi benda pasti akan mendekati nilai gravitasi secara teoritis. Sesuai dengan teori yang ada, dikatakan bahwa gerak jatuh bebas dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi, sehingga nilai percepatan gravitasi benda saat mengalami gerak jatuh bebas akan mendekati nilai percepatan gravitasi bumi [10].

Namun, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi gerak jatuh bebas. Dimana, gerak jatuh bebas merupakan gerak vertikal ke bawah yang tidak memiliki kecepatan awal dan hanya dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi. Pada gerak jatuh bebas, dikenal adanya hambatan udara yang dapat menghambat pergerakan benda di udara karena arahnya yang berlawanan. Tetapi, hambatan tersebut dapat diabaikan karena ukurannya yang sangat kecil jika dibandingkan dengan gaya gravitasi bumi dalam gerak jatuh bebas.

Selain percobaan yang dilakukan dengan alat, percobaan juga dilakukan secara manual, dimana perhitungan waktu dilakukan menggunakan *stopwatch*. Berikut merupakan tabel yang berisikan tabel data secara manual.

Tabel 5. Data Percobaan Manual

Tinggi (cm)	Bola pingpong (2,7gr)				Kelereng besar (22 gr)				Kelereng kecil (5,7gr)			
	t (S)	v (m/s)	g (m/s^2)	\bar{g} (m/s^2)	t (S)	v (m/s)	g (m/s^2)	\bar{g} (m/s^2)	t (S)	v (m/s)	g (m/s^2)	\bar{g} (m/s^2)
60	0,29	4,14	14,27	16,37	0,28	4,28	15,30	16,25	0,29	4,14	14,27	16,30
	0,25	4,80	19,20		0,27	4,44	16,46		0,26	4,62	17,75	
	0,26	4,62	17,75		0,28	4,28	15,30		0,26	4,62	17,75	
	0,28	4,28	15,30		0,27	4,44	16,46		0,27	4,44	16,46	
	0,28	4,28	15,30		0,26	4,62	17,75		0,28	4,28	15,30	
30	0,15	4,00	26,67	26,81	0,15	4,00	26,67	26,16	0,15	4,00	26,67	26,02
	0,15	4,00	26,67		0,16	3,74	23,43		0,15	4,00	26,67	
	0,14	4,29	30,61		0,16	3,74	23,43		0,15	4,00	26,67	
	0,16	3,74	23,43		0,14	4,29	30,61		0,16	3,73	23,43	
	0,15	4,00	26,67		0,15	4,00	26,67		0,15	4,00	26,67	

Pada percobaan manual nilai yang didapatkan hanya waktu (t) dan tinggi (h), maka dari nilai waktu (t) dan tinggi (h) tersebut dapat dihitung nilai kecepatan (v) dan nilai gravitasi (g) menggunakan persamaan berikut ini.

$$h = \frac{1}{2} g \cdot t^2$$

$$h \cdot 2 = g \cdot t^2$$

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

Dari persamaan diatas, diketahui bahwa h merupakan ketinggian benda saat mengalami jatuh bebas, t merupakan waktu tempuh jatuh benda dan g adalah nilai gravitasi benda. Berikut tabel nilai gravitasi benda dari ketinggian 60 cm dan 30 cm.

Tabel 6. Perhitungan Nilai Gravitasi pada Ketinggian 60 cm

No.	Bola pingpong	Kelereng besar	Kelereng kecil
1.	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,29)^2$ $g = (1,2)/(0,0841)$ $g = 14,27 \text{ m/s}^2$	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,28)^2$ $g = (1,2)/(0,0784)$ $g = 15,30 \text{ m/s}^2$	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,29)^2$ $g = (1,2)/(0,0841)$ $g = 14,27 \text{ m/s}^2$
2.	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,25)^2$ $g = (1,2)/(0,0625)$ $g = 19,20 \text{ m/s}^2$	$(2 \cdot (0,6))/(0,27)^2$ $(1,2)/(0,0729)$ $6,46 \text{ m/s}^2$	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,26)^2$ $g = (1,2)/(0,0676)$ $g = 17,75 \text{ m/s}^2$
3.	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,26)^2$ $g = (1,2)/(0,0676)$ $g = 17,75 \text{ m/s}^2$	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,28)^2$ $g = (1,2)/(0,0784)$ $g = 15,30 \text{ m/s}^2$	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,26)^2$ $g = (1,2)/(0,0676)$ $g = 17,75 \text{ m/s}^2$
4.	$(2 \cdot (0,6))/(0,28)^2$ $(1,2)/(0,0784)$ $g = 15,30 \text{ m/s}^2$	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,27)^2$ $g = (1,2)/(0,0729)$ $g = 16,46 \text{ m/s}^2$	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,27)^2$ $g = (1,2)/(0,0729)$ $g = 16,46 \text{ m/s}^2$
5.	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,28)^2$ $g = (1,2)/(0,0784)$ $g = 15,30 \text{ m/s}^2$	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,26)^2$ $g = (1,2)/(0,0676)$ $g = 17,75 \text{ m/s}^2$	$g = (2 \cdot (0,6))/(0,28)^2$ $g = (1,2)/(0,0784)$ $g = 15,30 \text{ m/s}^2$

Tabel 7. Perhitungan Nilia Gravitasi pada Ketinggian 30 cm

No.	Bola pingpong	Kelereng besar	Kelereng kecil
1.	$g = (2. (0,3))/(0,15)^2$ $g = (0,6)/(0,0225)$ $g = 26,67 \text{ m/s}^2$	$g = (2. (0,3))/(0,15)^2$ $g = (0,6)/(0,0225)$ $g = 26,67 \text{ m/s}^2$	$g = (2. (0,3))/(0,15)^2$ $g = (0,6)/(0,0225)$ $g = 26,67 \text{ m/s}^2$
2.	$g = (2. (0,3))/(0,15)^2$ $g = (0,6)/(0,0225)$ $g = 26,67 \text{ m/s}^2$	$g = (2. (0,3))/(0,16)^2$ $g = (0,6)/(0,0256)$ $g = 23,43 \text{ m/s}^2$	$g = (2. (0,3))/(0,15)^2$ $g = (0,6)/(0,0225)$ $g = 26,67 \text{ m/s}^2$
3.	$g = (2. (0,3))/(0,14)^2$ $g = (0,6)/(0,0196)$ $g = 30,61 \text{ m/s}^2$	$g = (2. (0,3))/(0,16)^2$ $g = (0,6)/(0,0256)$ $g = 23,43 \text{ m/s}^2$	$g = (2. (0,3))/(0,15)^2$ $g = (0,6)/(0,0225)$ $g = 26,67 \text{ m/s}^2$
4.	$g = (2. (0,3))/(0,16)^2$ $g = (0,6)/(0,0256)$ $g = 23,43 \text{ m/s}^2$	$g = (2. (0,3))/(0,14)^2$ $g = (0,6)/(0,0196)$ $g = 30,61 \text{ m/s}^2$	$g = (2. (0,3))/(0,16)^2$ $g = (0,6)/(0,0256)$ $g = 23,43 \text{ m/s}^2$
5.	$g = (2. (0,3))/(0,15)^2$ $g = (0,6)/(0,0225)$ $g = 26,67 \text{ m/s}^2$	$g = (2. (0,3))/(0,15)^2$ $g = (0,6)/(0,0225)$ $g = 26,67 \text{ m/s}^2$	$g = (2. (0,3))/(0,15)^2$ $g = (0,6)/(0,0225)$ $g = 26,67 \text{ m/s}^2$

Berdasarkan nilai perhitungan gravitasi yang didapatkan, maka dapat dilakukan perhitungan kecepatan benda menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$v = g.t$$

Dimana, v merupakan kecepatan, g merupakan percepatan gravitasi benda dari perhitungan sebelumnya, dan t merupakan waktu tempuh jatuh benda dari percobaan manual yang telah dilakukan. Berikut merupakan perhitungan untuk kecepatan benda pada tinggi 60 cm dan 30 cm.

Tabel 8. Perhitungan Kecepatan Benda pada Ketinggian 60 cm

No.	Bola pingpong	Kelereng besar	Kelereng kecil
1.	$v = 14,27. (0.29)$ $v = 4,14 \text{ m/s}$	$v = 15,30. (0.28)$ $v = 4,28 \text{ m/s}$	$v = 14,27. (0.29)$ $v = 4,14 \text{ m/s}$
2.	$v = 19,20. (0.25)$ $v = 4,8 \text{ m/s}$	$v = 16,46. (0.27)$ $v = 4,44 \text{ m/s}$	$v = 17,75. (0.26)$ $v = 4,62 \text{ m/s}$
3.	$v = 17,75. (0.26)$ $v = 4,62 \text{ m/s}$	$v = 15,30. (0.28)$ $v = 4,28 \text{ m/s}$	$v = 17,75. (0.26)$ $v = 4,62 \text{ m/s}$
4.	$v = 15,30. (0.28)$ $v = 4,28 \text{ m/s}$	$v = 16,46. (0.27)$ $v = 4,44 \text{ m/s}$	$v = 16,46. (0.27)$ $v = 4,44 \text{ m/s}$
5.	$v = 15,30. (0.28)$ $v = 4,28 \text{ m/s}$	$v = 17,75. (0.26)$ $v = 4,62 \text{ m/s}$	$v = 15,30. (0.28)$ $v = 4,28 \text{ m/s}$

Tabel 9. Perhitungan Kecepatan Benda pada Ketinggian 30 cm

No.	Bola pingpong	Kelereng besar	Kelereng kecil
1.	$v = 26,67. (0.15)$ $v = 4,00 \text{ m/s}$	$v = 26,67. (0.15)$ $v = 4,00 \text{ m/s}$	$v = 26,67. (0.15)$ $v = 4,00 \text{ m/s}$
2.	$v = 26,67. (0.15)$ $v = 4,00 \text{ m/s}$	$v = 23,43. (0.16)$ $v = 3,74 \text{ m/s}$	$v = 26,67. (0.15)$ $v = 4,00 \text{ m/s}$
3.	$v = 30,61. (0.14)$ $v = 4,29 \text{ m/s}$	$v = 23,43. (0.16)$ $v = 3,74 \text{ m/s}$	$v = 26,67. (0.15)$ $v = 4,00 \text{ m/s}$
4.	$v = 23,43. (0.16)$ $v = 3,74 \text{ m/s}$	$v = 30,61. (0.14)$ $v = 4,29 \text{ m/s}$	$v = 23,43. (0.16)$ $v = 3,74 \text{ m/s}$
5.	$v = 26,67. (0.15)$ $v = 4,00 \text{ m/s}$	$v = 26,67. (0.15)$ $v = 4,00 \text{ m/s}$	$v = 26,67. (0.15)$ $v = 4,00 \text{ m/s}$

Berdasarkan perhitungan nilai percepatan gravitasi benda dan perhitungan kecepatan yang telah dilakukan. Pada nilai percepatan gravitasi benda untuk ketinggian 60 cm dan 30 cm, nilai yang didapatkan jauh lebih besar daripada nilai percepatan gravitasi bumi secara teoritis. Nilai rata-rata percepatan gravitasi benda pada ketinggian 60 cm menggunakan bola pingpong, kelereng besar, dan kelereng kecil secara berurutan adalah (16,37; 16,25; 16,30) m/s^2 . Sedangkan untuk nilai rata-rata percepatan gravitasi benda pada ketinggian 30 cm menggunakan bola pingpong, kelereng besar, dan kelereng kecil secara berurutan adalah (26,81; 26,16; 26,02) m/s^2 .

Apabila dibandingkan antara nilai gravitasi saat benda pada ketinggian 60 cm dengan benda pada ketinggian 30 cm, nilai gravitasi saat benda pada ketinggian 30 cm jauh lebih besar, dengan selisih nilai sekitar $10m/s^2$. Hal yang menyebabkan nilai percepatan gravitasi pada ketinggian 30 cm lebih besar, yaitu karena nilai kecepatan pada ketinggian 60 cm dan 30 cm bernilai hampir sama, tetapi waktu tempuh bendanya berbeda. Dimana, nilai gravitasi didapatkan dari perbandingan nilai kecepatan dan waktu tempuh beda, sehingga saat dilakukan perhitungan untuk nilai gravitasi, maka nilai gravitasi benda yang jatuh dari ketinggian 30 cm akan lebih besar.

Walaupun nilai percepatan gravitasi benda yang didapatkan melebihi dan jauh lebih besar dari nilai percepatan gravitasi bumi secara teoritis. Tetapi, data yang didapatkan dari percobaan secara manual dapat dikatakan seragam. Dimana, untuk waktu tempuh benda pada ketinggian 60 cm berada disekitar 0,25 hingga 0,29 sekon pada setiap benda yang digunakan. Sedangkan, untuk waktu tempuh benda pada ketinggian 30 cm berada di sekitar 0,14 hingga 0,16 sekon pada setiap benda yang digunakan.

Jika dilakukan perbandingan antara data yang didapatkan dari percobaan secara manual dengan data yang didapatkan dari percobaan menggunakan alat gerak jatuh bebas. Maka, data yang didapatkan dari percobaan menggunakan alat lebih mendekati normal. Hal tersebut karena pada alat sudah terdapat Arduino Uno, *coding*, sensor, *relay*, dan *push button* sehingga saat ada benda yang melewati sensor, maka sensor akan langsung mendeteksi dan mikrokontroler

pada Arduino akan memproses pemrograman sesuai dengan isi codingnya tanpa harus dilakukan perhitungan manual. Sedangkan, untuk data dari percobaan secara manual, praktikan nantinya hanya mengukur waktu tempuh benda saat mengalami jatuh bebas dari ketinggian 60 cm dan 30 cm menggunakan bantuan *stopwatch*, dan kemudian melakukan perhitungan secara manual untuk mengetahui nilai percepatan gravitasi benda dan nilai kecepatan.

Pada percobaan yang telah dilakukan menggunakan alat dan secara manual menggunakan *stopwatch*, maka dapat dilakukan perhitungan persen kesalahan dan standar deviasi untuk mendukung hasil percobaan tersebut. Sehingga, data percobaan dapat dibuktikan tingkat akurasi dan presisinya dengan perhitungan persen kesalahan. Berikut merupakan tabel data waktu yang didapat dari percobaan sensor dan dapat digunakan untuk menghitung persen kesalahan serta standar deviasi.

Tabel 10. Data Waktu Percobaan Sensor

No	Alat Gerak Jatuh Bebas		<i>Stopwatch</i>	
	60cm (s)	30cm (s)	60cm (s)	30cm (s)
1	0.35	0.24	0.28	0.15
2	0.33	0.24	0.29	0.16
3	0.35	0.24	0.29	0.16
4	0.35	0.24	0.29	0.16
5	0.35	0.24	0.27	0.18
6	0.35	0.24	0.28	0.15
7	0.33	0.24	0.28	0.17
8	0.35	0.24	0.26	0.15
9	0.33	0.24	0.28	0.17
10	0.35	0.24	0.28	0.18
11	0.35	0.24	0.26	0.16
12	0.35	0.24	0.28	0.16

No	Alat Gerak Jatuh Bebas		Stopwatch	
	60cm (s)	30cm (s)	60cm (s)	30cm (s)
13	0.33	0.24	0.29	0.18
14	0.33	0.24	0.27	0.15
15	0.35	0.24	0.29	0.15
16	0.35	0.24	0.29	0.16
17	0.35	0.24	0.29	0.18
18	0.35	0.24	0.28	0.16
19	0.35	0.24	0.29	0.16
20	0.35	0.24	0.29	0.17
Rata-rata	0.348	0.24	0.282	0.163

Dari data sensor diatas, maka dapat dicari nilai standar deviasi dan persen kesalahan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Rata-rata} = \frac{\sum \text{waktu}}{\text{jumlah percobaan}} \quad (4.1)$$

$$\text{Selisih kuadrat} = (\text{Data waktu} - \text{Rata-rata})^2 \quad (4.2)$$

$$\text{Standar deviasi} = \sqrt{\frac{\sum \text{selisih kuadrat}}{\text{jumlah percobaan}}} \quad (4.3)$$

$$\text{Persen kesalahan} = \left(\frac{\text{standar deviasi}}{\text{rata-rata}} \right) \times 100\% \quad (4.4)$$

$$\text{Persen ketelitian} = 100\% - \text{Persen kesalahan} \quad (4.5)$$

Dari persamaan diatas, maka dapat dilakukan perhitungan dan data dapat dilihat pada tabel 11 dan 12 berikut.

Tabel 11. Selisih Kuadrat

No	Selisih Kuadrat			
	Alat Gerak Jatuh Bebas		<i>Stopwatch</i>	
	60cm	30cm	60cm	30cm
1	0.000004	0.000000	0.00000225	0.000169
2	0.000324	0.000000	0.00007225	0.000009
3	0.000004	0.000000	0.00007225	0.000009
4	0.000004	0.000000	0.00007225	0.000009
5	0.000004	0.000000	0.00013225	0.000289
6	0.000004	0.000000	0.00000225	0.000169
7	0.000324	0.000000	0.00000225	0.000049
8	0.000004	0.000000	0.00046225	0.000169
9	0.000324	0.000000	0.00000225	0.000049
10	0.000004	0.000000	0.00000225	0.000289
11	0.000004	0.000000	0.00046225	0.0000090
12	0.000004	0.000000	0.00000225	0.0000090
13	0.000324	0.000000	0.00007225	0.0002890
14	0.000324	0.000000	0.00013225	0.0001690
15	0.000004	0.000000	0.00007225	0.0001690
16	0.000004	0.000000	0.00007225	0.0000090
17	0.000004	0.000000	0.00007225	0.0002890
18	0.000004	0.000000	0.00000225	0.0000090
19	0.000004	0.000000	0.00007225	0.0000090
20	0.000004	0.000000	0.00007225	0.0000490
Jumlah	0.001680	0.000000	0.00185500	0.002220

Tabel 12. Nilai Standar Deviasi dan Persen Kesalahan

Alat Gerak Jatuh Bebas		Stopwatch			
60cm	Jumlah data	60cm	Jumlah data	30cm	Jumlah data
	20		20		20
	\sum Selisih Kuadrat		\sum Selisih Kuadrat		\sum Selisih Kuadrat
	0.001680		0.00185500		0.002220
	Variansi		Variansi		Variansi
	0.000084		0.0000925		0.000111
	Standar Deviasi		Standar Deviasi		Standar Deviasi
	0.009165151		0.00963068		0.010535654
	% Kesalahan		% Kesalahan		% Kesalahan
	2.63%		3.42%		6.46%
% Ketelitian	% Ketelitian	% Ketelitian			
97.37%	96.58%	93.54%			

Setelah dilakukan perhitungan standar deviasi dan persen kesalahan, untuk alat gerak jatuh bebas saat ketinggian 60cm memiliki persen kesalahan sebesar 2.63% dan saat ketinggian 30cm tidak memiliki persen kesalahan karena data waktu yang didapatkan adalah sama, yaitu 0.24s. Sedangkan, untuk percobaan menggunakan *stopwatch* saat ketinggian 60cm memiliki persen kesalahan sebesar 3.42% dan saat ketinggian 30cm memiliki persen kesalahan sebesar 6.46%. Berdasarkan hasil persen kesalahan tersebut, dapat disimpulkan bahwa percobaan gerak jatuh bebas menggunakan alat jauh lebih akurat jika dibandingkan dengan percobaan manual menggunakan *stopwatch*. [11]

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembuatan alat gerak jatuh bebas, analisis data, dan pembuatan laporan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancang bangun alat gerak jatuh bebas yang dibuat dapat melakukan perhitungan waktu tempuh benda jatuh, kecepatan, dan nilai percepatan gravitasi benda.
2. Sesuai dengan hasil percobaan, massa dan ukuran pada benda yang mengalami gerak jatuh bebas tidak mempengaruhi nilai percepatan gravitasi benda.
3. Massa benda tidak mempengaruhi kecepatan dalam gerak jatuh bebas, tetapi kecepatan dipengaruhi oleh percepatan gravitasi dan ketinggian, seperti yang dijelaskan pada Hukum II Newton.
4. Data yang didapatkan pada percobaan menggunakan alat jauh lebih akurat daripada data yang didapatkan dari percobaan secara manual dengan menggunakan *stopwatch*.
5. Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan menggunakan alat dan hasil percobaan secara manual, hambatan udara dan gesekan dalam gerak jatuh bebas dapat diabaikan, karena benda yang digunakan dalam percobaan luas permukaannya kecil dan gaya gravitasinya lebih besar dari hambatan udara.
6. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, data yang didapatkan pada percobaan manual menggunakan *stopwatch* tidak akurat tetapi seragam, hal tersebut dapat dikarenakan adanya human error dan ketidaktepatan saat menjatuhkan benda dan pada saat menekan *stopwatch*.
7. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, didapatkan nilai rata-rata gravitasi pada percobaan dengan alat pada ketinggian 60cm yaitu (9,99; 10,00; dan 10,24)m/s², sedangkan pada ketinggian 30cm yaitu (10,62; 10,62; 10,62) m/s² serta untuk nilai rata-rata gravitasi pada percobaan manual pada ketinggian 60cm yaitu (16,37; 16,25; 16,30)m/s², sedangkan pada ketinggian 30cm yaitu (26,81; 26,16; 26,02)m/s².

5.2. Saran

Berdasarkan pembuatan alat gerak jatuh bebas, analisis data, dan pembuatan laporan, maka dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Alat gerak jatuh bebas berbasis Arduino Uno yang dibuat dapat dikembangkan lagi, yaitu dengan mengganti catu daya dari adaptor menjadi baterai.
2. Penggunaan *push button* dalam memutuskan arus dapat juga dikembangkan dengan menggantinya menggunakan motor dc dan limit *switch*.
3. Percobaan gerak jatuh bebas dapat juga dilakukan menggunakan aplikasi *phyphox* yang nantinya diinstal melalui handphone. Dengan aplikasi *phyphox*, nilai kecepatan gravitasi akan diukur menggunakan menu *acoustic stopwatch* yang terdapat pada aplikasi. Keuntungan menggunakan aplikasi *phyphox* adalah tidak menggunakan kabel 6 jalur (*male – female*).
4. Alat gerak jatuh bebas yang dibuat dapat dirancang sehingga untuk output yang ditampilkan tidak menggunakan LCD tetapi menggunakan tampilan PC dan ketinggian benda diatur menggunakan motor dc.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bara, M, F., Mako, I, M., Eku, A., dan Pau, A, M. (2021). “Analisis Pecepatan Gravitasi Menggunakan Aplikasi Phypox Pada Gerak Jatuh Bebas”. *Jurnal Luminous Riset Ilmiah Pendidikan Fisika*. (2). No. 2. pp 11-17.
- [2] Dasriyani, Y., Hufri., dan Yohandri. (2014). “Pembuatan Set Eksperimen Gerak Jatuh Bebas Berbasis Mikrokontroler Dengan Tampilan PC”. *Jurnal Sainstek Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang*. (6). No. 1. pp 84 – 95.
- [3] Gerhany, Tiara Martika. (2022). Rancang Bangun Alat Praktikum Gerak Jatuh Bebas Menggunakan Sensor Infrared Berbasis Wifi Mikrokontroller NODEMCU ESP8266. Skripsi, Universitas Sriwijaya.
- [4] Kause, M, C., dan Boimau, I. (2019). “Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Berbasis Arduino”. *Program Studi Pendidikan Fisika, Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan Soe*. (6). No. 1. pp 13-19.
- [5] UNIVERSITAS KATOLIK DE LA SALLE MANADO. Diakses pada 3 juni 2023 dari <https://unikadelasalle.ac.id/>
- [6] Khoironi. *Gerak dalam Fisika*. Semarang: CV. Ghyyas Putra, 2010.
- [7] Radiyono, Y., Wirdiyatusyifa., Fauzi, A., Surantoro. (2022). “Pembuatan Alat Percobaan Hukum II Sensor Cahaya Photodiode”. *Jurnal Materi dan Pembelajaran Fisika*. (12). No. 15. pp 1-5.
- [8] Ensiklopedia Dunia. Percepatan Rata-Rata Gravitasi Bumi. UNIVERSITAS STEKOM SEMARANG. Diakses pada 2 juni 2023
- [9] ZENIUS. Gerak Lurus Berubah Beraturan. Diakses pada 2 juni 2023
- [10] BPMKP-KEMDIKBUD. Diakses pada 2 juni 2023
- [11] Atika, A., Machmud, A., Suwatno. (2020). “Blended Learning Terhadap Hasil Belajar Di Era COVID-19: Pendekatan Meta-Analysis”. *Jurnal Basicedu*. (4). No. 4. pp 919-928.