

RANCANG BANGUN ALAT PERCOBAAN AYUNAN BANDUL SEDERHANA BERBASIS ARDUINO

SKRIPSI

OLEH:

**IRSAL HERIJUL SINAGA
168120033**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 27/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)27/6/22

RANCANG BANGUN ALAT PERCOBAAN AYUNAN BANDUL SEDERHANA BERBASIS ARDUINO

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

IRSAL HERIJUL SINAGA
168120033

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 27/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)27/6/22

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Percobaan Ayunan Bandul Sederhana Berbasis Arduino

Nama : Irsal Herijul Sinaga

NPM : 16.812.0033

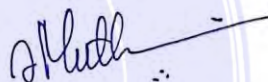
Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



Moranain Mungkin, ST, M.Si

Pembimbing I



Syarifah Muthia Putri, ST.MT

Pembimbing II



Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom

Dekan



Habib Satria, S.Pd, MT

Ka. Prodi

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun ,sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma ,kaidah .dan etika penulisan ilmiah .

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi –sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku , apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 16 Mei 2022



Irsal Herijul Sinaga

16.812.0033

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Irsal Herijul Sinaga

NPM : 16.812.0033

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non – Exklusif Royalty – Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Rancang Bangun Alat Percobaan Ayunan Bandul Sederhana Berbasis Arduino. Dengan Hak Bebas Royalti NonEksklusif ini, Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pecipta dan pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 16 Mei 2022



Irsal Herijul Sinaga

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 27/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)27/6/22

ABSTRAK

Pada umumnya kita tentu sudah tidak asing lagi melihat alat yang bernama ayunan bandul sederhana untuk pengukuran percepatan gravitasi yang sering ditunjukkan pada saat mata kuliah praktikum fisika dasar. Ayunan bandul sederhana dengan pola pengukuran secara manual adalah sebuah alat peraga praktikum fisika yang bertujuan untuk mengukur nilai percepatan gravitasi dengan bentuk rangkaian alatnya berupa benda kecil yakni bola pejal dan digantungkan pada seutas tali yang massanya dapat diabaikan. Kemudian ujung lain tali digantungkan pada suatu penggantung yang tetap, setelah itu jika bandul diberi simpangan kecil dan kemudian dilepaskan, bandul akan berosilasi (bergetar) di antara dua titik, misalnya titik A dan B, dengan periode T yang tetap. Dimana variabel yang diukur berupa periodenya (T), massa bandul (m), simpangan sudut (θ) dan panjang talinya (L) yang selanjutnya variabel ini akan diolah ke dalam sebuah persamaan untuk mencari nilai percepatan gravitasi. Sedangkan alat ayunan bandul sederhana dengan pola digital adalah sebuah alat peraga praktikum fisika yang tujuannya juga sama yakni untuk mengukur nilai percepatan gravitasi dengan bentuk rangkaian alatnya juga hampir sama namun bedanya adalah penambahan piranti elektronik cerdas yakni modul Arduino sebagai sistem kendali dan sensor proximity serta tombol push button sebagai perangkat inputan. Adapun uraian terkait fungsi dari piranti elektronik tersebut untuk pengukuran variabel waktu sebuah bandul saat berayun dilakukan menggunakan sensor proximity capacitive dengan fasilitas timer (pewaktu) internal Arduino. Sedangkan pada pola yang manual biasanya menggunakan stopwatch.

Kata kunci : Ayunan bandul, Arduino, Push Botton, Sensor Proximity

ABSTRAK

In general, we are certainly no stranger to seeing a tool called a simple pendulum swing for measuring the acceleration of gravity which is often shown during basic physics practicum courses. A simple pendulum swing with a manual measurement pattern is a physics practicum teaching aid that aims to measure the value of the acceleration of gravity with the form of a series of tools in the form of a small object, namely a solid ball and hung on a rope whose mass can be neglected. Then the other end of the rope is hung on a fixed hanger, after which if the pendulum is given a small deviation and then released, the pendulum will oscillate (vibrate) between two points, for example points A and B, with a fixed period T. Where the variables measured are the period (T), the mass of the pendulum (m), the angle deviation (O) and the length of the string (L) which will then be processed into an equation to find the value of the acceleration due to gravity. While the simple pendulum swing device with a digital pattern is a teaching aid for physics practicum whose purpose is also the same, namely to measure the value of the acceleration of gravity with the form of a series of tools that are also almost the same but the difference is the addition of intelligent electronic devices, namely the Arduino module as a control system and proximity sensors and push buttons. button as input device. The description related to the function of the electronic device for measuring the time variable of a pendulum when swinging is carried out using a capacitive proximity sensor with an Arduino internal timer facility. While the manual pattern usually uses a stopwatch.

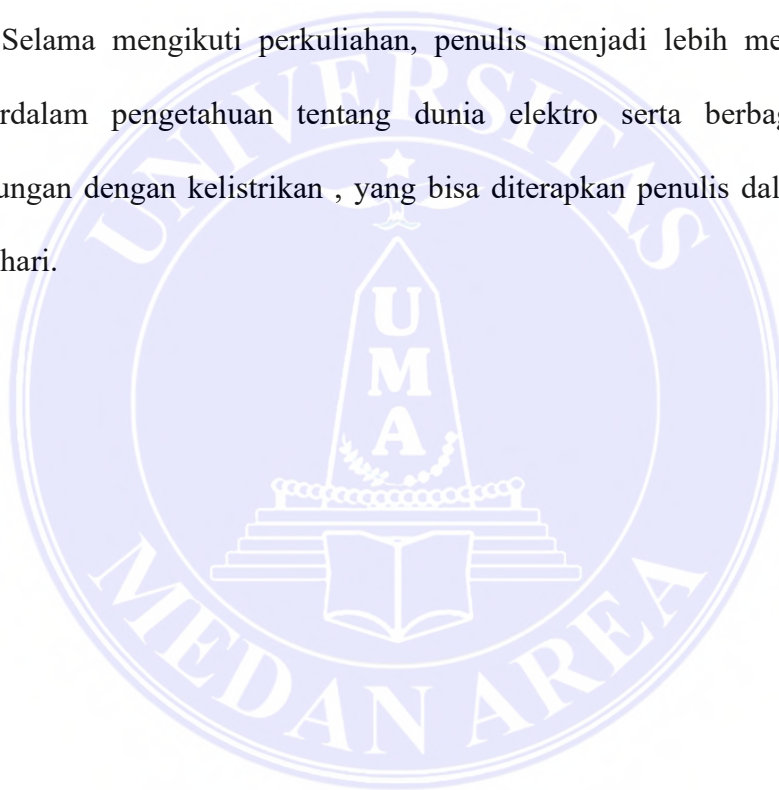
Keyword: Pendulum swing, Arduino, Push Botton, Proximity Sensor

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Hutagurgur pada tanggal 27 September 1997 dari ayah Siding Sinaga dan ibu Serma Simanullang .Penulis merupakan anak ke enam dari tujuh bersaudara.

Tahun 2016 Penulis lulus dari SMA Negeri 2 Doloksanggul dan pada tahun 2016 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area Jurusan Teknik Elektro.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis menjadi lebih memahami serta memperdalam pengetahuan tentang dunia elektro serta berbagai hal yang berhubungan dengan kelistrikan , yang bisa diterapkan penulis dalam kehidupan sehari- hari.



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan yang maha Esa atas berkat, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis diberikan kesehatan, kekuatan, pengetahuan dan kesempatan sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat waktu.

Tema yang dipilih dalam penelitian ini adalah “Rancang Bangun Alat Percobaan Ayunan Bandul Sederhana Berbasis Arduino”. Skripsi ini disusun guna menyelesaikan program pendidikan Strata 1 program Studi Teknik Elektro Universitas Medan Area.

Dalam penyelesaian penulisan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan, baik moral maupun material dari berbagai pihak, dan pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orang tua penulis yang selalu memberi do'a dan dukungan secara moral maupun material.
2. Bapak Prof. Dadan Ramdan , M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Dr.Rahmad Syah, S.kom, M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik.
4. Bapak Habib Satria, S.Pd, MT, selaku ketua Jurusan Teknik Elektro.
5. Bapak Moranain Mungkin ST, Msi sekaligus dosen pembimbing I untuk skripsi ini, yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam penyusunan Skripsi hingga selesai.
6. Ibu Syarifah Muthia Putri ST, MT, selaku dosen pembimbing II untuk skripsi ini, yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun dalam penyusunan skripsi sampai selesai.

7. Seluruh staf pengajar Universitas Medan Area khususnya Program Studi Teknik Elektro. Rekan-rekan kelas terkhususnya buat Teknik Elektro angkatan 2016 yang telah banyak memberikan kenangan manis dan persahabatan yang baik.
8. Kakak dan Adik penulis, yang memberikan semangat dalam masa perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman Dody Banjarnahor atas kebersamaan dan dukungan dalam mengerjakan Skripsi ini.

Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini nantinya. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan maupun bagi dunia usaha dan pemerintah. Akhirnya penulis kembali mengucapkan terima kasih semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, sehingga dapat bermanfaat bagi siapapun membacanya.

Medan, 16 Mei 2022

Irsal Herijul Sinaga

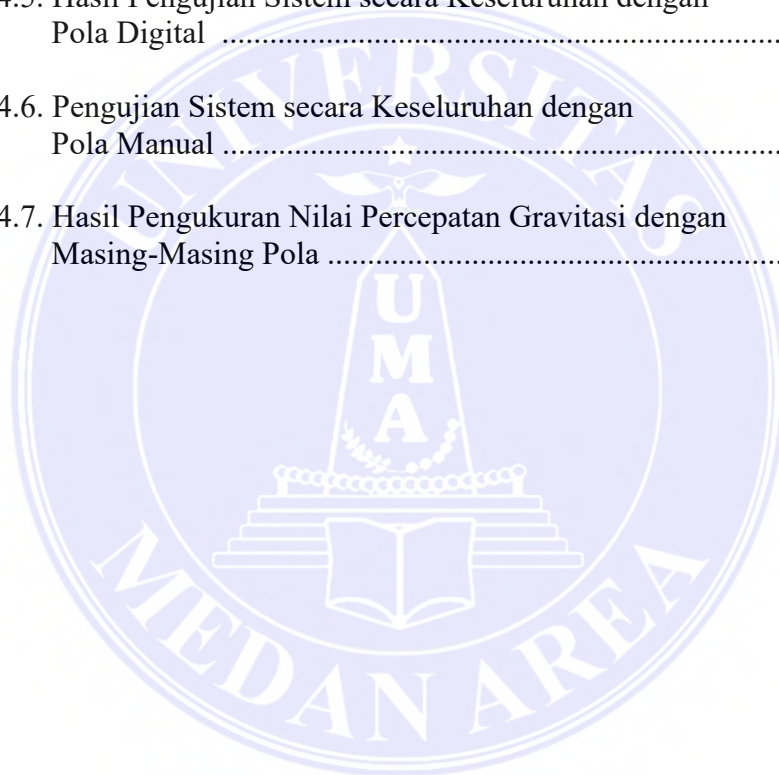
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAN	iii
LEMBAR PERNYATAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
1.6. Sistematika Pembahasan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Ayunan Bandul Sederhana	5
2.2. Sistem	7
2.3. Arduino Uno	8
2.4. Arduino IDE	11
2.5. LCD 16x2	15
2.6. Sensor Proximity.....	17
2.6.1. Jenis Sensor Proximity Induktif	18
2.7. Push Button Switch	24
2.8. Power Supply	25
2.9. Buzzer Aktif .. 3 – 12 Volt DC	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	26
3.1.1. Tempat Penelitian	26
3.1.2. Waktu Penelitian	26
3.2. Metode Penelitian	27
3.3. Rancang Struktural	28
3.4. Diagram Blok Sistem	31
3.4.1. Fungsi-fungsi Diagram Blok	31
3.5. Sistem Power Supply	32

3.6. Sistem Minimum Arduino Uno	32
3.7. Sistem Sensor Proximity	33
3.8. Sistem Penampil Data (LCD 16x2)	34
3.9. Rangkaian Buzzer	36
3.10. Sistem Tombol Push Button Sebagai Set Poi.....	37
3.11. Sistem Secara Keseluruhan	38
3.12. Coding Arduino	39
3.13. Penginputan Coding Arduino	43
3.14. Flowchart Sistem Kerja Alat	47
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	48
4.1. Pengujian Power Supply	48
4.2. Pengujian Tegangan Output Sumber PLN	50
4.3. Pengujian Sensor Proximity	52
4.4. Pengujian Sistem Buzzer	55
4.5. Pengujian LCD 16x2	57
4.6. Pengujian Alat Secara Keseluruhan	58
4.7. Pengujian Pengukuran Nilai Percepatan Gravitasi dengan pola Manual	61
4.8. Hubungan Percepatan Gravitasi Bumi dengan Ayunan Bandul	64
4.9. Fungsi Ayunan Bandul Sederhana	66
4.10. Perbedaan Alat Ayunan Bandul Sederhana Pola Manual dengan Digital	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	69
5.1. Kesimpulan	69
5.2. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	72

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Tegangan Output Power Supply	49
Tabel 4.2. Hasil Pengukuran Tegangan Output PLN	51
Tabel 4.3. Instalasi Kabel Sensor Proximity dengan Arduino	53
Tabel 4.4. Hasil Pengukuran Tegangan Output Pada Sensor Proximity	54
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Sistem secara Keseluruhan dengan Pola Digital	60
Tabel 4.6. Pengujian Sistem secara Keseluruhan dengan Pola Manual	62
Tabel 4.7. Hasil Pengukuran Nilai Percepatan Gravitasi dengan Masing-Masing Pola	63



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Bentuk Ayunan Bandul Sederhana	6
Gambar 2.2. Arduino uno	8
Gambar 2.3. Tampilan Jendela Sketch Arduino IDE	12
Gambar 2.4. LCD 16x2.....	16
Gambar 2.5. Bentuk Fisik Sensor Proximity	18
Gambar 2.6. Konfigurasi Koneksi Sensor Proximity PNP dengan Beban	19
Gambar 2.7. Pemasangan Beban pada Kondisi Aktif High Sensor Induktif Jenis NO	19
Gambar 2.8. Pemasangan Beban pada Kondisi Aktif High Sensor Induktif Jenis NC	20
Gambar 2.9. Cara Kerja Konfigurasi Koneksi Sensor Proximity PNP dengan Beban	21
Gambar 2.10. Konfigurasi Koneksi Sensor Proximity PNP dengan Beban	22
..	
Gambar 2.11. Pemasangan Beban pada Kondisi Aktif Low Sensor Induktif Jenis NO	22
Gambar 2.12. Pemasangan Beban pada Kondisi Aktif Low Sensor Induktif Jenis NC	23
Gambar 2.13. Cara Kerja Konfigurasi Koneksi Sensor Proximity NPN dengan Beban	24
Gambar 3.1. <i>Flowchart</i> Kerangka Berfikir	27
Gambar 3.2. Bentuk dan Dimensi Kerangka Alat	28
Gambar 3.3. Desain Gantungan Bandul dan Busur Derajat	29
Gambar 3.4. Rancangan Tata Letak Seluruh Sistem.....	30
Gambar 3.5. Diagram Block Sistem	31

Gambar 3.6	Rangkaian Power Supply	32
Gambar 3.7	Rangkaian Mikrokontroler Arduino Uno ATmega328P.....	33
Gambar 3.8	Pola Penginstalasian Sensor Proximity	34
Gambar 3.9	Pola Instalasi LCD 16x2 padaArduino	35
Gambar 3.10	Sistem Buzzer Terhadap Arduino	36
Gambar 3.11	Rangkaian Instalasi Sistem Tombol Push Botton Sebagai Set Point	37
Gambar 3.12	Skema Rangkaian Keseluruhan	38
Gambar 3.13	Software Arduino 1.8.8	44
Gambar 3.14	Menu <i>File</i> Baru	44
Gambar 3.15	Pemilihan <i>Board</i> Arduino	45
Gambar 3.16	Membuat <i>File</i> Projek Baru	46
Gambar 3.17	Flowchart Sistem Kerja Alat	47
Gambar 4.1	Bentuk Pengujian Tegangan Output Power Supply	49
Gambar 4.2	Bentuk Pengukuran Tegangan Output dari PLN	51
Gambar 4.3	Pola Pengukuran Nilai Tegangan Output Sensor	53
Gambar 4.4	Rangkaian Pengujian Arduino dengan Buzzer	56
Gambar 4.5	Hasil Pengujian LCD 16x2	58



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Di era globalisasi, kemajuan teknologi berkembang pesat dengan pemikiran sumber daya manusia yang selalu berubah. Keinginan untuk secara konsisten menciptakan mahakarya telah mengalami perubahan bertahap yang pada dasarnya kompetitif untuk menciptakan kenyamanan orang, dibantu oleh peralatan canggih. Kondisi ini mendorong saya, sebagai mahasiswa Program Penelitian Teknik Elektro UMA Fakultas Teknik, untuk menciptakan suatu sistem yang ekonomis, efisien, dengan hasil yang maksimal dan menjawab kebutuhan spesifik Laboratorium Fisika UMA. Di laboratorium fisika UMA, percobaan ayunan bandul sederhana dilakukan selama pelatihan fisik dasar. Eksperimen dengan ayunan bandul sederhana ini masih bersifat manual, sehingga kemungkinan besar terjadi kesalahan dalam pengukuran pada manusia itu sendiri.

Dari permasalahan tersebut, saya berusaha mencari solusi yang efektif agar permasalahan dalam proses melakukan percobaan runout bandul sederhana dapat menunjukkan hasil pengukuran yang akurat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat alat percobaan ayunan bandul sederhana yang dapat menunjukkan hasil pengukuran yang akurat ?

2. Sistem kendali apakah yang akan diaplikasikan pada penelitian?
3. Bagaimana cara agar hasil pengukuran dapat dilihat dengan cepat?

1.3. Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam skripsi ini dimaksudkan untuk mempersempit ruang lingkup permasalahan yang akan dikaji lebih lanjut. Pembatasan masalah tersebut antara lain:

1. Coding atau programming alat tidak dibahas secara mendetail.
2. Performance alat penelitian disajikan dalam bentuk secara langsung.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan membuat alat percobaan ayunan bandul sederhana dengan konsep digital.
2. Mengaplikasikan modul Arduino Uno sebagai sistem kendali cerdas terhadap seluruh alat penelitian.
3. Memasang *LCD 16x2* sebagai penampil hasil pengukuran yang dilakukan oleh alat ayunan bandul sederhana berbasis digital.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai alat pembanding terhadap alat percobaan ayunan bandul sederhana yang dilakukan secara manual.

2. Dapat mempermudah mahasiswa ataupun praktikan untuk mengetahui secara cepat berapakah nilai percepatan gravitasi jika menggunakan metode ayunan bandul sederhana berbasis arduino.
3. Dapat berkontribusi kepada laboratorium Fisika UMA sebagai alat pelengkap praktikum Fisika Dasar khusus percobaan ayunan bandul sederhana.

1.6. Sistematika Pembahasan

Untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam penyusunan skripsi ini, maka peneliti yang sekaligus sebagai penulis membuat urutan pembahasan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini akan dibahas latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat, dan sistematika pembahasan.

BAB II TEORI PENUNJANG

Dalam bab ini berisikan tentang penjelasan beberapa teori dasar *hardware* dan *software* yang digunakan dalam penyelesaian pembuatan alat.

BAB III METODA PERANCANGAN ALAT

Bab ini membahas tentang metoda yang dilakukan dalam perancangan dan pembuatan alat secara *hardware* maupun *software*, serta pengujiannya secara detail.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Pada bab ini merupakan bagian yang menyajikan hasil penelitian yang dilakukan, serta menganalisa akurasi sistem yang telah dibuat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan data yang ada, juga berisi tentang saran serta petunjuk untuk pengembangan dalam rangka penyempurnaan alat selanjutnya.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ayunan Bandul Sederhana

Gerak Harmonik Sederhana (GHS) adalah contoh gerak periodik dimana getaran dalam sistem memiliki amplitudo yang relatif kecil dengan simpangan kurang dari 15 derajat. Salah satu percobaan atau eksperimen yang dapat dilakukan saat menerapkan gerak harmonik sederhana adalah dengan membuat bandul matematis atau osilasi bandul sederhana [1]. Bandul adalah benda yang diikatkan pada seutas tali yang dapat berayun bebas dan berkala. Ayunan pendulum sederhana adalah model yang disempurnakan yang terdiri dari massa titik yang ditahan di tempat oleh kawat kaku bebas massa (massa diabaikan) [2]. Ketika pendulum dilepaskan, pendulum menyimpang dari posisi setimbangnya, pendulum berosilasi dan bergerak maju mundur dari posisi setimbangnya [3]. Selama osilasi, bandul memiliki periode, frekuensi, dan frekuensi sudut. Periode menunjukkan waktu yang diperlukan untuk membuat satu getaran penuh, frekuensi menentukan jumlah getaran yang terjadi per satuan detik, dan frekuensi sudut menentukan jumlah kecepatan rotasi [4].

Rumus periode bandul adalah $T=2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ dan Dalam persamaan ini, ada tiga faktor yang mempengaruhi periode: nilai konstanta 2π , panjang tali, dan percepatan gravitasi [5]. Dalam penelitian ini, kami bereksperimen dengan pendulum sederhana yang dirancang dengan menerapkan konsep digital berbasis Arduino sebagai sistem kontrol yang dapat mengukur nilai percepatan gravitasi dengan cepat, dan membuktikan persamaan ini.

Berikut adalah Gambar 2.1 yang menampilkan bentuk ayunan bandul sederhana :



Gambar 2.1. Bentuk ayunan bandul sederhana
(Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=mldg9pTQogY&app=desktop>)

Gerak maju mundur mengunci, atau gerak maju mundur piston mesin mobil, merupakan contoh gerak periodik dimana gerak tersebut bergerak berulang-ulang dan kembali dari posisi setimbang yang stabil ke keadaan diam [6]. Gerakan periodik, juga dikenal sebagai getaran, menyebabkan benda bergetar ketika gaya atau torsi diterapkan jauh dari titik keseimbangan. Sistem keseimbangan [7].

Getaran sederhana (GHS) adalah contoh gerak periodik ketika amplitudo getaran sistem cukup kecil dan simpangannya kurang dari 15° . Salah satu percobaan yang dapat dilakukan saat menerapkan getaran sederhana adalah dengan membuat bandul matematis atau ayunan sederhana bandul [8]. Bandul

seederhana adalah model yang disempurnakan yang terdiri dari massa titik yang dipegang oleh satu garis tanpa massa (massa sangat kecil) [9]. Ketika pendulum dilepaskan, pendulum menyimpang dari posisi setimbangnya, dan pendulum berayun dan berayun maju mundur melewati posisi setimbangnya. Selama osilasi, bandul memiliki periode, frekuensi, dan frekuensi sudut. Periode mengacu pada waktu yang diperlukan untuk melakukan getaran lengkap, frekuensi mengacu pada jumlah getaran yang terjadi per detik, dan frekuensi sudut mengacu pada jumlah kecepatan rotasi [10].

Dalam bentuk periode bandul $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ Tiga hal yang mempengaruhi besar kecilnya periode adalah nilai konstanta 2π , panjang tali dan roda akibat gravitasi. [11].

2.2. Sistem

Definisi sistem adalah sekelompok bagian (seperti alat). Jika ada beberapa yang rusak atau tidak dapat memenuhi tindakan Anda, maka niat untuk mencapai tidak dapat memenuhi tugas Anda, tujuan untuk mencapai tujuan pencapaian, atau setidaknya sistem yang akan Anda terima. Menurut interferensi deskripsi lain, itu juga menjelaskan bahwa arah sistem adalah kait pada bagian minimum, tetapi ketika bagian atau bagian bagian terputus, bagian kedua adalah mungkin. Dengan demikian, dapat disimpulkan dan definisi sistem adalah unit global dari sirkuit yang telah ditangkap satu sama lain, dan bagian dari sistem adalah Guardian dari sirkuit berikutnya. Dan untuk bagian terkecil, beberapa kerusakan mengganggu semua stabilitas. [12]

2.3. Arduino Uno

Arduino adalah papan elektronik berbasis mikrokontroler ATmega dan kompatibel dengan sistem mikrokontroler minimal sehingga dapat bekerja secara mandiri. (*stand alone controller*). Komponen utama board Arduino adalah mikrokontroler merek Atmel ATmega 8 bit. *corporation*. Papan Arduino yang berbeda menggunakan berbagai jenis Atmega tergantung pada spesifikasinya. Misalnya Arduino Uno menggunakan ATmega328 [12].

Penjelasan lain menyatakan bahwa Arduino adalah mikrokontroler papan tunggal atau mikrokontroler. (*single board*) yang bersifat sumber terbuka dan menjadi salah satu proyek *Open Source Hardware* yang paling populer. Dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Perangkat kerasnya memiliki prosesor *Atmel AVR*. Softwaranya terdiri dari beberapa alat yakni *Integrated Development Environment(IDE)*, *Text-Editor*, *Compiler*, *Serial Monitor*, dan *Serial ISP Programmer*. [5]

Berikut adalah bentuk fisik dari Arduino Uno yang ditampilkan pada Gambar 2.2 :



Gambar 2.2. Arduino Uno
(Sumber: <http://edukasirobotika.com/product/robot/>)

Unit ini juga merupakan daftar perangkat keras terbuka bagi siapa saja yang ingin membuat formulir elektronik interaktif berdasarkan perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Pada aplikasi Arduino, mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman C atau C++, dengan library khas Arduino. Berkat sifatnya yang terbuka, siapa pun dapat mengunduh polanya *Hardware Arduino* dan membangunnya.

Arduino menggunakan mikrokontroler keluarga ATmega yang dirilis oleh Atmel sebagai dasarnya, tetapi ada individu atau perusahaan yang memproduksinya *clone* Arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan Arduino pada level *hardware*. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui *bootloader* meskipun ada opsi untuk mem-bypass *bootloader* dan menggunakan pengunduh untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui *port ISP*.

Arduino Uno memiliki 14 pin digital (6 dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, osilator kristal 16MHz, koneksi USB, konektor sumber tegangan, header ICSP, dan tombol reset. Arduino Uno memiliki semua yang Anda butuhkan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup sambungkan ke komputer Anda melalui USB atau suplai daya DC dari baterai atau adaptor AC-DC dan itu akan berfungsi. Arduino Uno menggunakan ATmega16U2 yang diprogram sebagai berikut: *USB-to-serial converter* untuk komunikasi serial ke computer melalui port USB.

Adapun data teknis *board* Arduino Uno R3 adalah sebagai berikut:

1. Mikrokontroler : ATmega328
2. Tegangan Operasi : 5V

3. Tegangan Input (recommended) : 7 - 12 V
4. Tegangan Input (limit) : 6-20 V
5. Pin digital I/O : 14 (6 diantaranya pin PWM)
6. Pin Analog input : 6
7. Arus DC per pin I/O : 40 mA
8. Arus DC untuk pin 3,3 V : 150 mA
9. Flash Memory : 32 kB dengan 0,5 kB digunakan untuk bootloader
10. SRAM : 2 kB
11. EEPROM : 1 kB
12. Kecepatan Pewaktuan : 16 MHz

Pin input dan output Arduino Uno. Masing-masing dari 14 pin digital Arduino Uno dapat digunakan sebagai input atau output menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Setiap pin beroperasi pada 5 volt. Setiap pin dapat menenggelamkan atau sumber arus maksimum 40mA dan memiliki resistor pull-up internal 20-30kOhm (yang terputus secara default). Juga, beberapa pin input digital memiliki kegunaan khusus.

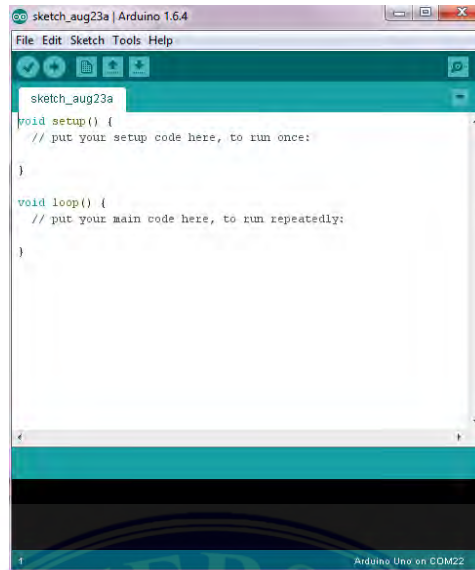
1. Pin input dan output Arduino Uno. 14 pin digital Arduino Uno dapat digunakan sebagai input atau output masing-masing menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`.
2. Setiap pin beroperasi pada 5 volt.
3. Setiap pin dapat tenggelam atau tenggelam hingga 40mA arus dan memiliki resistor pull-up internal 20-30kOhm (terputus secara default).
Juga, beberapa pin input digital memiliki kegunaan khusus.

Arduino Uno memiliki 6 input analog berlabel A0 hingga A5, dengan masing-masing pin memberikan resolusi 10 bit (1024 nilai berbeda). Secara default, pin mengukur nilai tegangan dari ground (0V) ke 5V, meskipun dimungkinkan untuk mengubah batas atas menggunakan pin AREF dan fungsi Referensi () analog. Selain itu, beberapa pin input analog memiliki fungsi khusus yaitu pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL), digunakan untuk komunikasi Two-Wire Interface (TWI) atau Inter-Integrated Circuit (I2C).) menggunakan perpustakaan Wire.

2.4. Arduino IDE

Untuk memprogram *board arduino*, kita butuh *aplikasi IDE (Integrated Development Environment)* bawaan dari *arduino*. *Aplikasi* ini berguna untuk membuat, membuka, dan mengedit *source code arduino*. *Sketch* merupakan *source code* yang berisi logika dan *algoritma* yang akan di *upload* ke dalam *IC mikrokontroller (arduino)*. [13]

Berikut adalah Gambar 2.3 yang menampilkan bentuk tampilan jendela sketch :



Gambar 2.3. Tampilan Jendela Sketch Arduino IDE
(Sumber: <https://kelasrobot.com/mulai-install-dan-jalankan-arduino-yuk/>)

Berikut ini adalah penjelasan dari bagian-bagian tampilan sketch *Arduino IDE* :

1. *Verify*

Pada versi sebelumnya dikenal dengan istilah *compile*. Sebelum *aplikasi* di *upload* ke *board arduino*, biasakan untuk *verifikasi* terlebih dahulu *sketch* yang dibuat. Jika ada kesalahan pada *sketch*, nanti akan muncul *error*. Proses *verify* atau *compile* mengubah *sketch* ke *binary code* untuk di *upload* ke *mikrokontroler*.

2. *Upload*

Tombol ini berfungsi untuk *upload sketch* ke *board arduino*. Walaupun kita tidak mengklik tombol *verify*, maka *sketch* akan di *compile*, kemudian langsung di *upload* ke *board*. Berbeda dengan tombol *verify* yang hanya berfungsi untuk *verifikasi source code* saja.

3. *New Sketch*

Membuka *window* dan membuat *sketch* baru.

4. *Open Sketch*

Membuka *sketch* yang sudah pernah dibuat. *Sketch* yang dibuat dengan *arduino IDE* akan disimpan dengan ekstensi *file .ino*

5. *Save Sketch*

Menyimpan *sketch*, tapi tidak disertai *compile*.

6. *Serial Monitor*

Membuka *interface* untuk komunikasi *serial*, nanti akan kita diskusikan lebih lanjut pada bagian selanjutnya.

7. *Keterangan Aplikasi*

Pesan-pesan yang dilakukan *aplikasi* akan muncul di sini, misal "*Compiling*" dan "*Done Uploading*" ketika kita *compile* dan *upload sketch* ke *board Arduino*.

8. *Konsol*

Pesan-pesan yang dikerjakan *aplikasi* dan pesan-pesan tentang *sketch* akan muncul pada bagian ini. Misal, ketika *aplikasi compile* atau ketika ada kesalahan pada *sketch* yang kita buat, maka informasi *error* dan baris akan diinformasikan di bagian ini.

9. *Baris Sketch*

Bagian ini akan menunjukkan posisi baris *cursor* yang sedang aktif pada *sketch*.

10. *Informasi Port*

Bagian ini menginformasikan port yang dipakai oleh *board arduino*.

11. Baud Rate

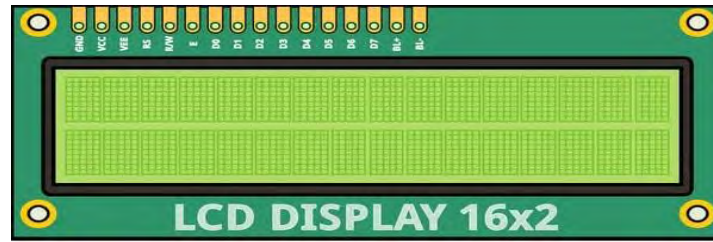
Baud rate adalah berapa kali sinyal data komunikasi analog berubah setiap detik. Misalnya, tingkat transmisi 1000 berarti 1000 dapat diubah per detik. Laju transfer juga menunjukkan status koneksi (misalnya, tegangan, frekuensi, atau level fase). Dalam istilah yang sangat sederhana, kecepatan transfer adalah kecepatan transfer data. Kecepatan transmisi berhubungan dengan modem, televisi digital, telepon dan peralatan teknis lainnya. Baud rate yang lebih tinggi lebih disukai karena menghasilkan baud rate yang lebih cepat. Baud rate mengacu pada kecepatan transfer data melalui koneksi serial. Kecepatan baud biasanya dinyatakan dalam bit per detik (bps), meskipun dalam beberapa kasus (misalnya untuk koneksi paralel) kecepatan bps mungkin berbeda dari kecepatan baud. Asumsi kami saat ini adalah bahwa kami fokus pada komunikasi serial, di mana setiap jam mewakili transisi status-ke-bit. Jika item ini diisi, maka baud rate akan sama dengan bit rate per second (bps). Bit per detik ini berarti jumlah bit data yang dapat ditransmisikan per detik. Membalikkan nilai bps ini memberi Anda waktu yang diperlukan untuk mengirim sedikit. Baud rate dapat diatur menggunakan standar kecepatan yang disediakan, termasuk 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 dan 115200 bps. Salah satu kecepatan yang paling umum digunakan adalah 9.600 bps. Ini adalah nilai di mana kecepatan komunikasi tidak menjadi pertimbangan penting. Misalnya jika Anda ingin mengetahui nilai dari sebuah sensor suhu. Kecepatan koneksi yang sangat tinggi tidak diperlukan untuk menerima data suhu dari sensor. Gunakan kecepatan standar 9600 bit per detik untuk

mengurangi kesalahan. Semakin tinggi baud rate, semakin cepat baud rate. Namun, koneksi yang terkait dengan sinyal listrik dan proses sinkronisasi data dapat mengalami error dan noise, sehingga tidak disarankan untuk melebihi 115200 bps saat terhubung ke Arduino.

2.5. LCD 16x2

Layar LCD adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menampilkan suatu tampilan dengan menampilkan karakter berupa angka, huruf, simbol, atau karakter tertentu. Kemampuan layar LCD untuk menampilkan tidak hanya angka, tetapi juga huruf, kata, dan semua simbol lebih unggul dan serbaguna dibandingkan layar yang biasanya menggunakan LED 7-segmen (light emitting diodes).

Layar LCD sering digunakan saat merancang sistem yang menggunakan mikrokontroler. LCD berfungsi untuk melihat hasil nilai sensor, melihat teks atau melihat menu pada aplikasi mikrokontroler. Layar LCD yang digunakan dalam bor untuk proyek ini adalah LCD 16 x 2. Dengan kata lain, layar berukuran 2 baris dan lebar 16 kolom dengan konektor 16 pin. LCD 16x2 adalah jenis tampilan elektronik yang dibuat dengan teknologi logika CMOS, dan memantulkan cahaya sekitar atau mentransmisikan cahaya latar dari depan tanpa menghasilkan cahaya.



Gambar 2.4. LCD 16x2

(Sumber: https://jurnal.unikom.ac.id/_s/data/jurnal/volume-13/05-miu-13-no-1-sutono.pdf/index6.html)

Modul LCD berisi mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengontrol tampilan karakter LCD. Mikrokontroler LCD dilengkapi dengan memori dan register, dan memori yang digunakan adalah:

- a. DDRAM (memori tampilan data akses acak) adalah memori di mana karakter ditampilkan
- b. CGRAM (Character Generator Random Access Memory) adalah memori untuk menggambarkan gaya suatu karakter dimana tampilan karakter tersebut dapat diubah sesuai keinginan.
- c. CGROM (Character Generator Read Only Memory) adalah memori untuk menggambarkan pola karakter di mana pola karakter dasar dideteksi secara permanen oleh pabrikan LCD. [15]

Berikut ini fungsi setiap pin I/O yang ada pada LCD nya :

1. VSS = Dihubungkan Ke Ground
2. VCC = Catu Daya Positif (+5V)
3. VEE = Pengatur Kontras Cahaya LCD. Potensiometer 10K Ohm bisa digunakan untuk mengatur tingkat kontrasnya.
4. RS = Register Select, Logika HIGH untuk mengirim data, Logika LOW untuk mengirim instruksi.

5. RW = Read/Write Control Bus.
6. E = Data Enable
7. D0 - D7 = Data
8. LED+ = Catu daya Positif untuk layar
9. LED- = Catu daya Negatif untuk layar

2.6. Sensor Proximity

Proximity switch atau sensor jarak adalah sensor yang didasarkan pada jarak objek dari sensor. Fungsi dari sensor ini adalah untuk mendeteksi objek pada jarak yang relatif pendek, mulai dari 1 mm hingga beberapa sentimeter tergantung dari jenis sensor yang digunakan. Proximity switch ini memiliki tegangan operasi 10-30V DC dan ada yang menggunakan 100-200V AC. [16]

Proximity Sensor terbagi dua macam, yaitu:

- a. Proximity Inductive
- b. Proximity Capacitive

Fitur terpandu jarak untuk mendeteksi benda besi/logam. Bahkan jika terhalang oleh benda selain logam, itu dapat dideteksi oleh sensor selama berada dalam rentang (nilai) deteksi normal. Saat sensor mendeteksi keberadaan besi di area deteksi. Kedekatan Capacitive mendeteksi semua objek dalam jangkauan deteksi, baik logam maupun non-logam.

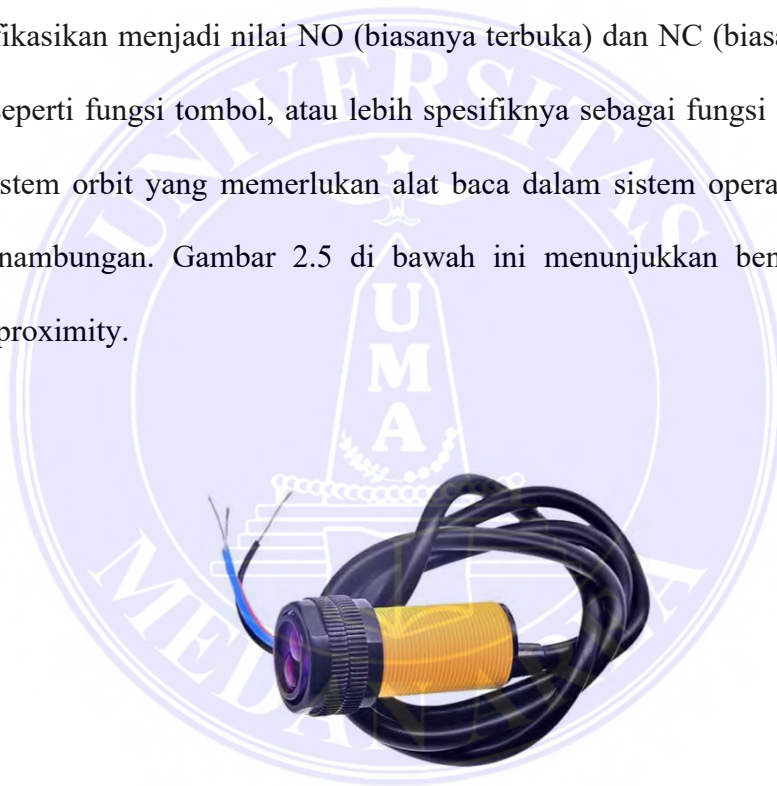
a) Jarak Diteksi

Jarak diteksi adalah jarak dari posisi yang terbaca dan tidak terbaca sensor untuk operasi kerjanya, ketika obyek benda digerakkan oleh metode tertentu.

b) Pengaturan Jarak

Mengatur jarak dari permukaan sensor memungkinkan penggunaan sensor lebih stabil dalam operasi kerjanya, termasuk pengaruh suhu dan tegangan. Posisi objek (standar) sensing transit ini adalah sekitar 70% sampai 80% dari jarak (nilai) normal sensing.

Ada 3 jenis nilai keluaran dari proximity switch ini dan juga dapat diklasifikasikan menjadi nilai NO (biasanya terbuka) dan NC (biasanya tertutup). Mirip seperti fungsi tombol, atau lebih spesifiknya sebagai fungsi saklar terbatas pada sistem orbit yang memerlukan alat baca dalam sistem operasi mesin yang berkesinambungan. Gambar 2.5 di bawah ini menunjukkan bentuk fisik dari sensor proximity.



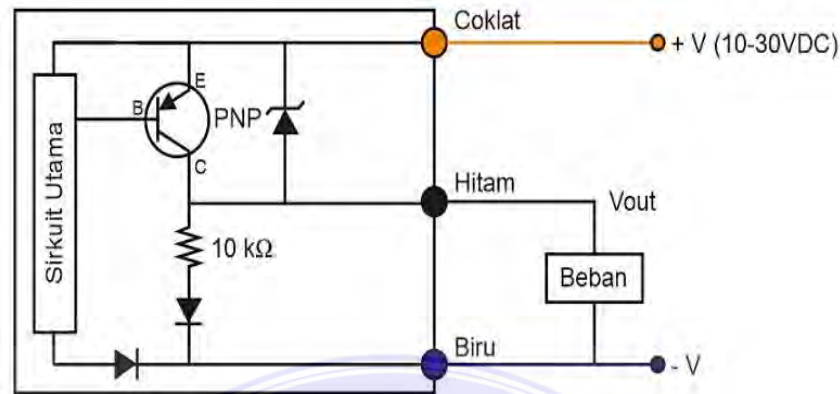
Gambar 2.5. Bentuk Fisik Sensor Proximity

(<https://indonesian.alibaba.com/product-detail/infrared-proximity-sensor-e18-d80nk-infrared-obstacle-avoidance-photoelectric-sensor-proximity-switch-detection-range-adjustable-62506809629.html>)

2.6.1. Jenis Sensor Proximity Induktif

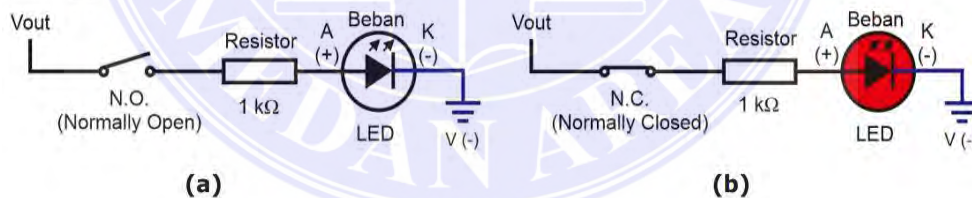
Sensor proximity induktif ada dua jenis yaitu PNP NO/NC. dan NPN NO/NC.

a. Sensor Proximity Induktif PNP



Gambar 2.6. Konfigurasi Koneksi Sensor Proximity PNP dengan beban

Pada Gambar 2.6, pengoperasian atau pemasangan beban pada sensor proximity induktif PNP pada suatu rangkaian yaitu dengan menggunakan kondisi aktif high, contoh sebagai berikut:

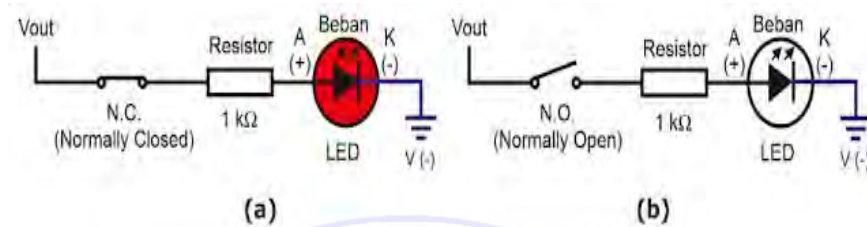


Gambar 2.7. Pemasangan beban pada Kondisi Aktif High Sensor Induktif Jenis NO

Untuk sensor proximity induktif PNP jenis NO (Normally Open):

- a) Jika sensor tidak mendeteksi apa pun (logam), tegangan keluaran (V_{out}) akan menjadi logis 0 (0V), sakelar akan tetap terbuka (biasanya terbuka) dan beban (LED) tidak akan menyala.

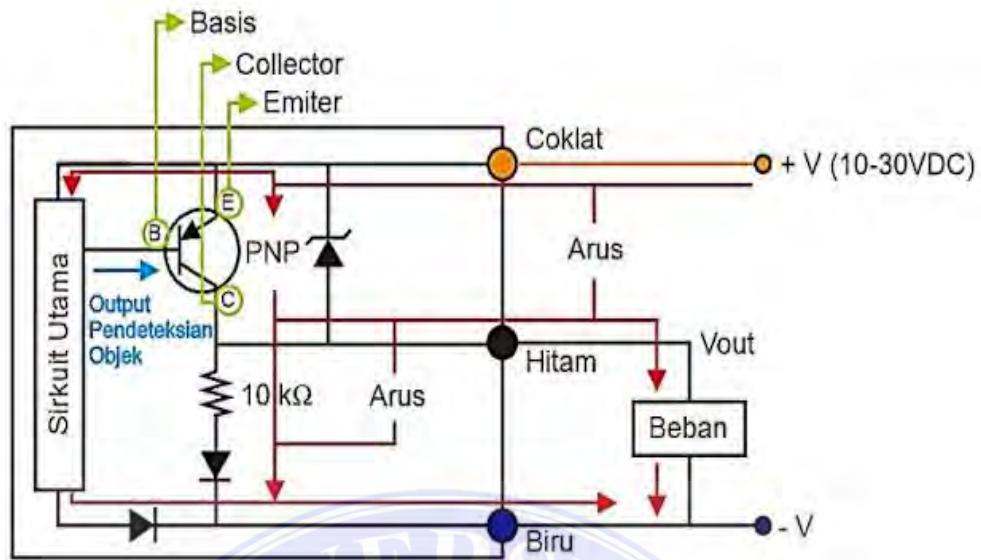
- b) Saat sensor mendeteksi sesuatu (logam), tegangan keluaran (V_{out}) akan berlogika 1 (10V), saklar akan otomatis menutup (normal shutdown) dan beban (LED) akan menyala.



Gambar 2.8. Pemasangan Beban pada Kondisi Aktif High Sensor Induktif Jenis NC

Sebaliknya untuk sensor proximity induktif PNP jenis NC (Normally Close) :

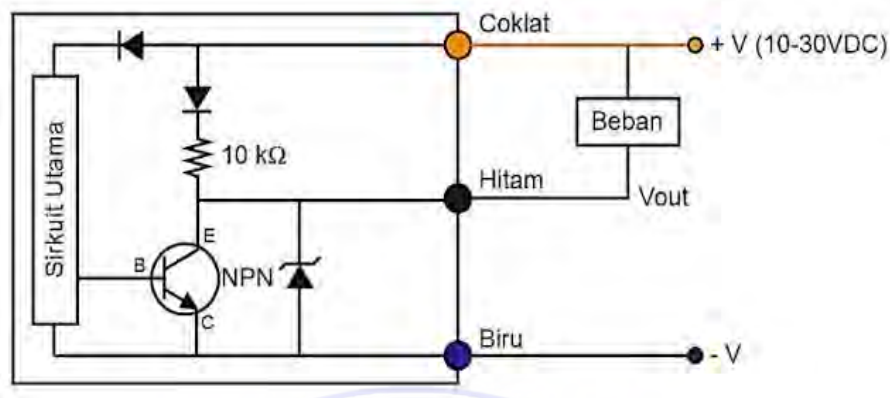
- a) Jika sensor tidak mendeteksi apapun (logam), tegangan keluaran (V_{out}) akan menjadi 1 (10V), maka sakelar tetap mati (biasanya tertutup) dan beban (LED) menyala.
- b) Jika sensor mendeteksi sesuatu (logam), tegangan keluaran (V_{out}) cukup 0 (0V), maka saklar otomatis terbuka (biasanya terbuka) dan beban (LED) tidak menyala.



Gambar 2.9. Cara Kerja Konfigurasi Koneksi Sensor Proximity PNP dengan Beban

Sensor kedekatan induktif menerima sumber tegangan $V (+)$ ke arah transistor PNP PNP, dan transistor adalah sensor deteksi objek 2.9 (logam), bahkan jika sumber tegangan $V (+)$ diterima dan mengalir di utama Rapat ketika arus transistor PNP dari transistor PNP (B) kolektor saat ini (C) tidak dipindahkan ke tegangan output saat ini (vout) dan tidak digulir. Ketika transistor PNP dari pangkalan (b) diselesaikan oleh arus sinyal output deteksi objek (logam), transistor diaktifkan untuk menggulir melalui gulungan saat ini dalam arah manifold (c) dan aliran ke isi ulang dan output Tegangan (vout) pindah ke (-).

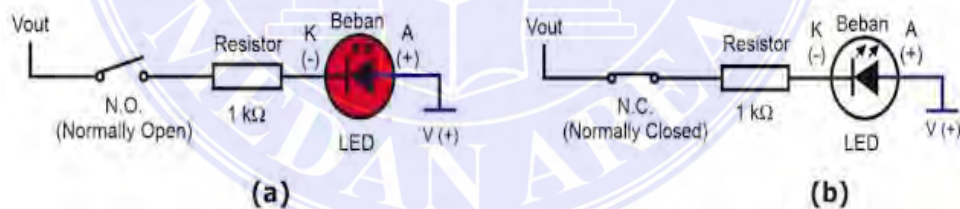
b. Sensor Proximity Induktif NPN



Gambar 2.10. Konfigurasi koneksi Sensor Proximity NPN dengan beban

Pada Gambar 2.10, pengoperasian atau pemasangan beban pada sensor proximity induktif NPN pada suatu rangkaian yaitu dengan menggunakan kondisi aktif low.

Contoh :

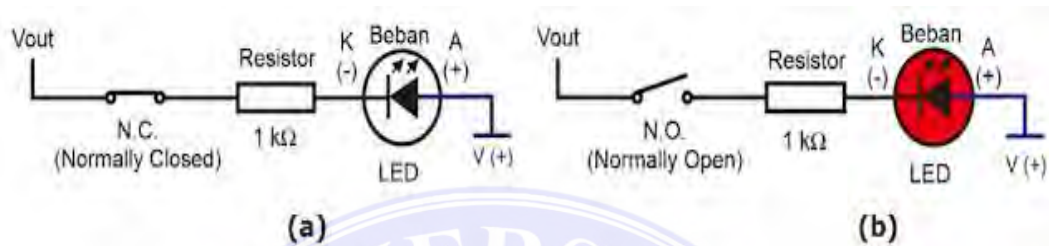


Gambar 2.11. Pemasangan Beban pada Kondisi Aktif Low Sensor Induktif Jenis NO

Untuk sensor proximity induktif NPN jenis N.O. (Normally Open):

- a) Jika sensor tidak mendeteksi apapun (logam), tegangan keluaran (V_{out}) cukup 0 (0V), maka sakelar tetap terbuka (biasanya terbuka) dan beban (LED) menyala.

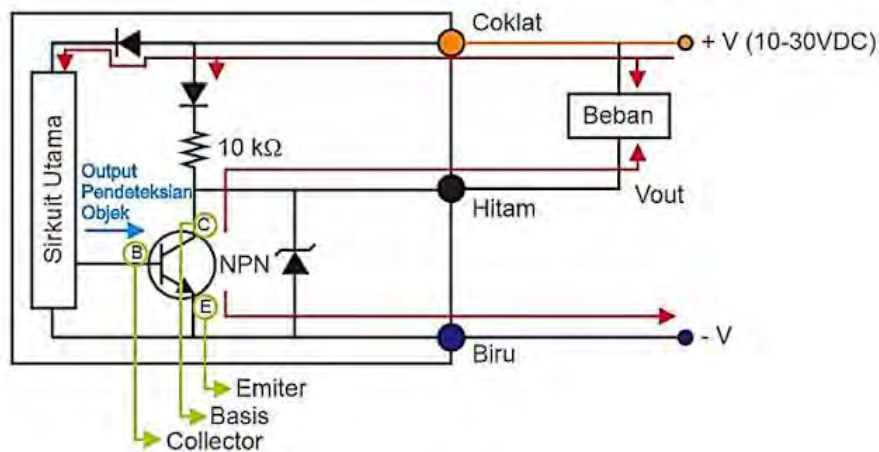
- b) Ketika sensor mendeteksi sesuatu (logam), tegangan keluaran (V_{out}) wajar 1 (10 volt), maka sakelar menutup secara otomatis (mati normal) dan beban (LED) tidak menyala.



Gambar 2.12. Pemasangan Beban pada Kondisi Aktif Low Sensor Induktif Jenis NC

Sebaliknya jika sensor proximity induktif NPN jenis N.C. (Normally Close) :

- a) Jika sensor tidak mendeteksi apa pun (logam), tegangan keluaran (V_{out}) akan menjadi logis 1 (10V), sakelar akan tetap mati (biasanya tertutup), dan beban (LED) tidak akan menyala.
- b) Ketika sensor mendeteksi sesuatu (logam), tegangan keluaran (V_{out}) menjadi logis 0 (0V), sakelar otomatis terbuka (biasanya terbuka) dan beban (LED) menyala.



Gambar 2.13. Cara Kerja Konfigurasi Koneksi Sensor Proximity NPN dengan Beban

Pada Gambar 2.13, Jika sumber tegangan $V (+)$ disuplai ke sensor proximity induktif dan basis (B) transistor NPN tidak dialiri arus dari pendeteksian objek, arus akan mengalir ke beban kemudian ke rangkaian utama. . Dalam kasus keluaran (logam), transistor tidak diberi energi, tidak ada arus yang mengalir melalui kolektor (C) dan emitor (E), dan tidak ada arus yang mengalir melalui tegangan keluaran (V_{out}). Ketika basis (B) transistor NPN diberi energi oleh arus dari objek (logam) sensor keluaran sensor, transistor diberi energi dan arus mengalir ke kolektor (C) dan kemudian ke tegangan keluaran (V_{out}) ke beban. beban. Pindah. Kemudian pindah ke sumber tegangan $V (-)$. Emmitter (E) ke sumber tegangan $V (-)$.

2.7. Push Button Switch

Push button switch adalah perangkat/saklar sederhana yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan aliran arus listrik dengan sistem kerja tekan unlock (tidak mengunci) [17]. Push button berfungsi untuk mengirim sinyal

ke input Arduino Uno.

2.8. Power Supply

Catu daya adalah perangkat atau perangkat yang memasok listrik atau tegangan langsung dari satu sumber tegangan ke sumber tegangan lainnya. Catu daya untuk komputer biasanya digunakan sebagai konduktor yang membawa tegangan langsung ke perangkat keras atau komponen komputer lainnya, seperti hard drive, kipas, motherboard, dll. [18]

2.9. Buzzer Aktif 3 -12 Volt DC

Buzzer merupakan komponen elektronika yang berukuran kecil hingga sedang yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara. [19]

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

3.1.1. Tempat Penelitian

Pembuatan alat percobaan ayunan bandul sederhana berbasis Arduino ini dilakukan di :

1. Nama Tempat : PT. Kolibri Indonesia.
2. Alamat : Jalan Jermal V No. 38 C Kecamatan Medan Denai.

Pengujian alat percobaan ayunan bandul sederhana berbasis Arduino ini dilakukan di :

1. Nama Tempat : PT. Kolibri Indonesia.
2. Alamat : Jalan Jermal V No. 38 C Kecamatan Medan Denai.

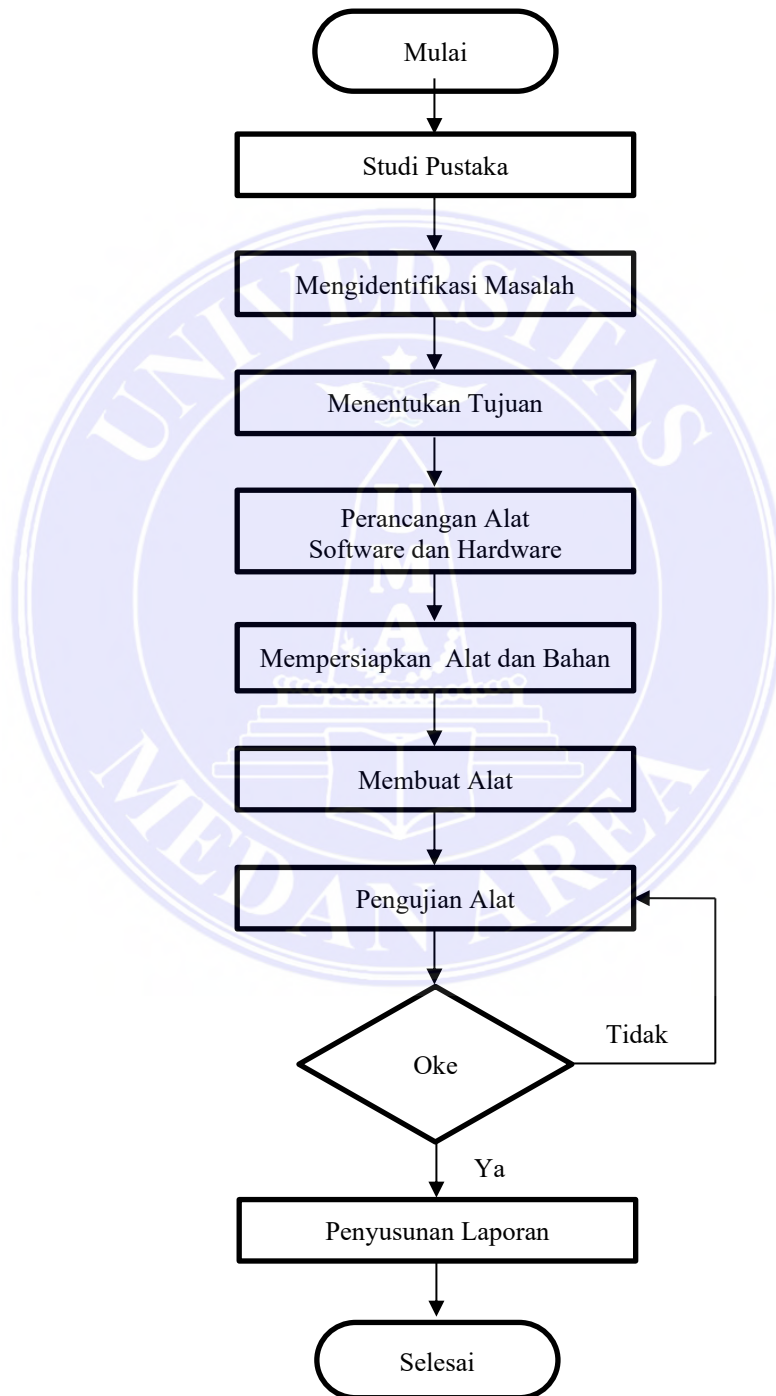
3.1.2. Waktu Penelitian

Pembuatan dan pengujian sistem ini membutuhkan waktu dengan rincian sebagai berikut :

1. Penyediaan bahan dan alat : 2 minggu
2. Perancangan dan pembuatan seluruh sistem : 6 minggu
3. Pengujian sistem : 2 minggu
4. Penyusunan laporan skripsi : 4 minggu

3.2. Metoda Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap untuk mempermudah dan memperjelas arah penelitian. Berikut ini adalah Gambar 3.1 yaitu *flowchart* kerangka berpikir dalam penelitian.

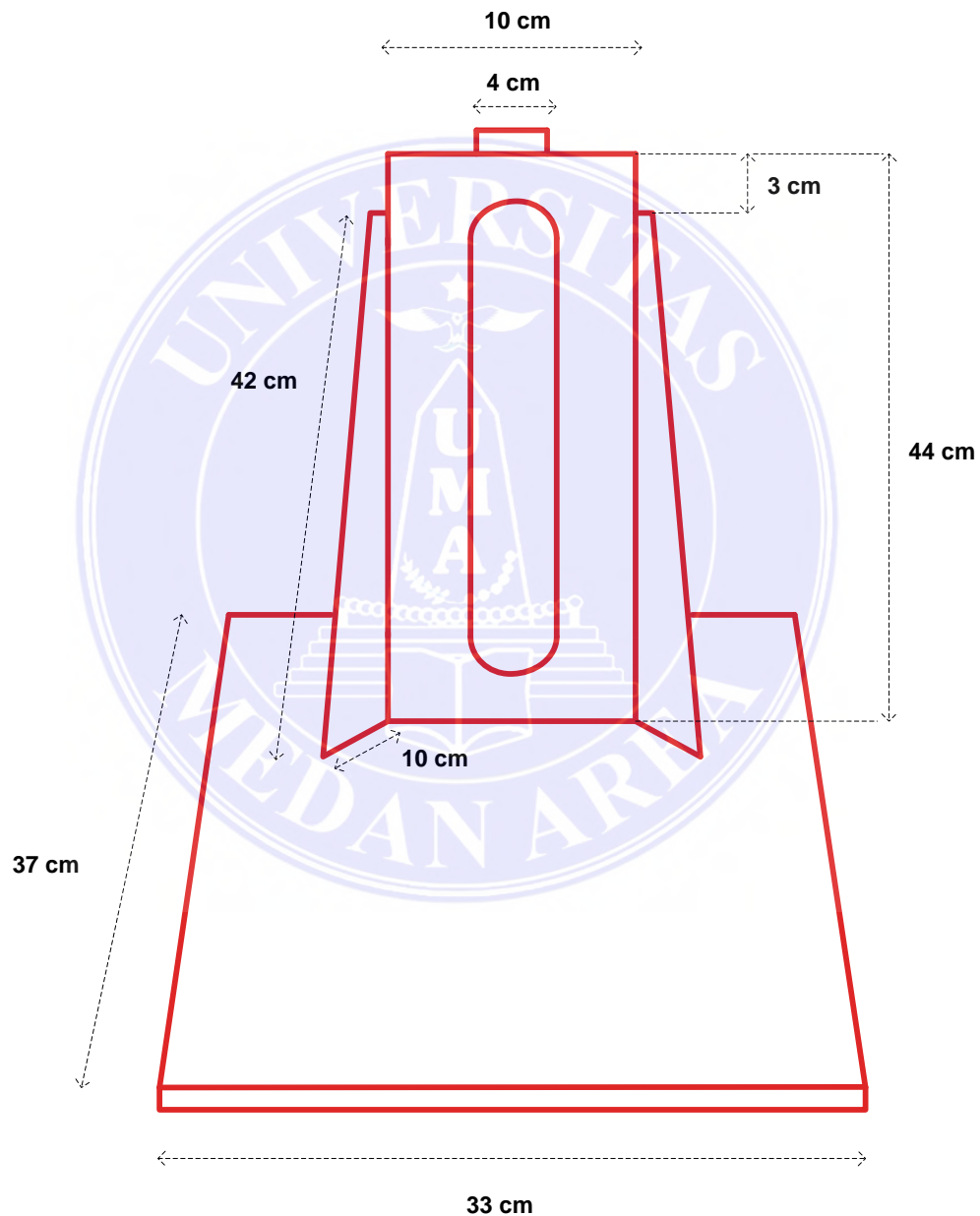


Gambar 3.1. *Flowchart* Kerangka Berfikir

3.3. Rancang Struktural

a. Kerangka Alat

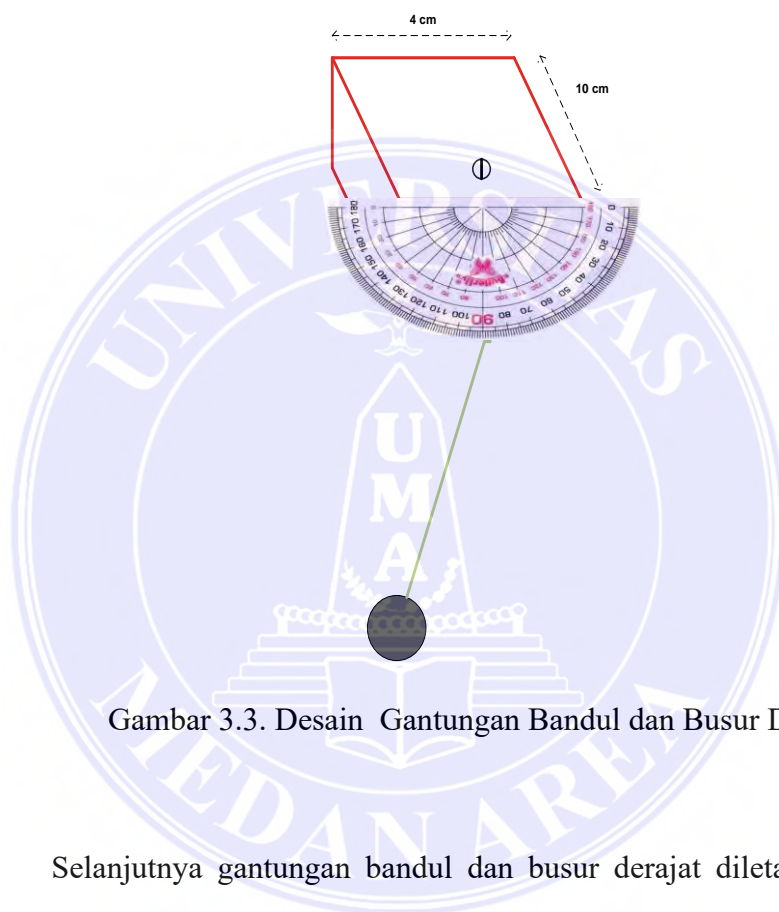
Kerangka alat yang digunakan adalah kayu lapis dengan ketebalan 5mm dan kerangkanya adalah sebagai berikut. Gambar 3.2 berikut ini :



Gambar 3.2. Bentuk dan Dimensi Kerangka Alat

b. Kerangka Gantungan Bandul dan Busur Derajat

Rangka penyangga bandul dan busur derajat terbuat dari kayu lapis dengan panjang 10 cm, lebar 4 cm dan tebal 5 mm. Berikut adalah Gambar 3.3 yang menampilkan bentuk fisik dan dimensinya.

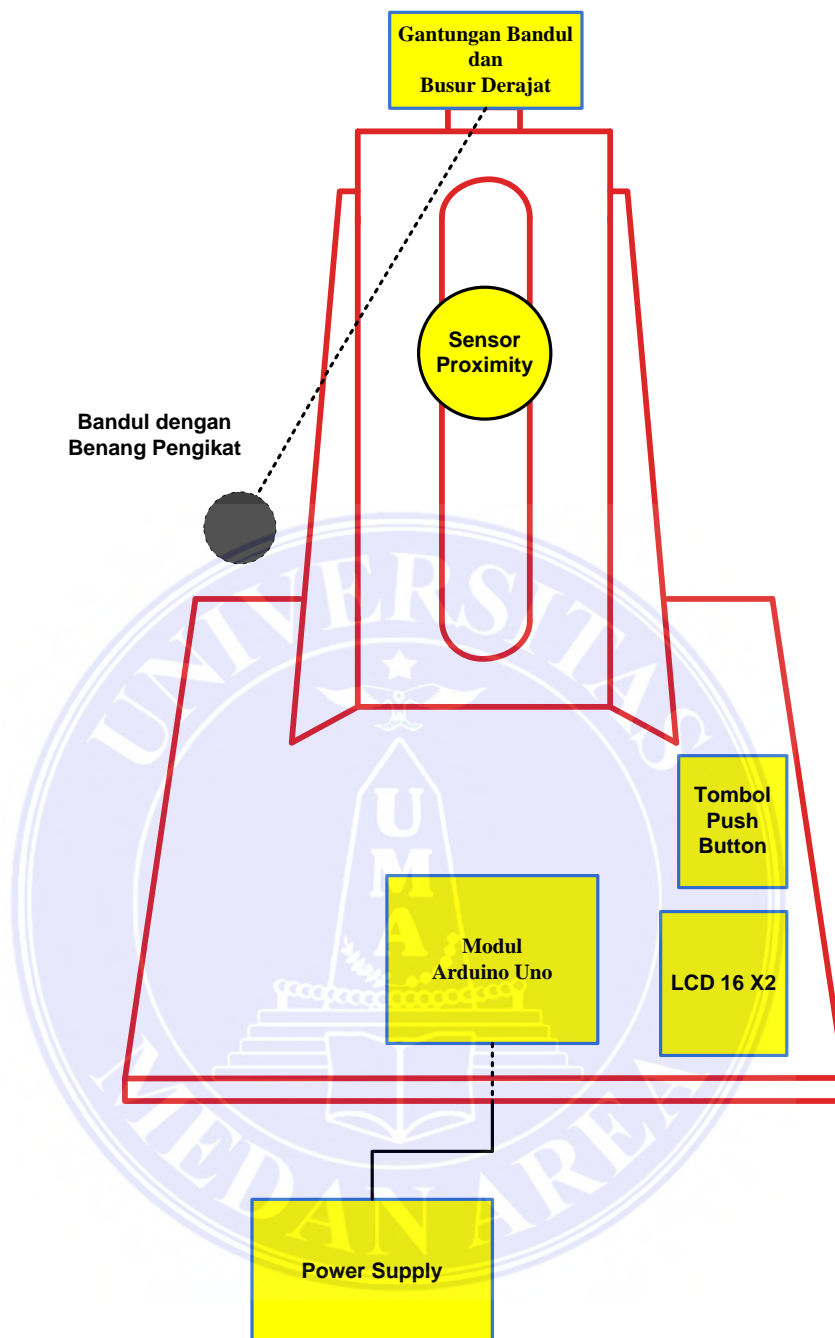


Gambar 3.3. Desain Gantungan Bandul dan Busur Derajat

Selanjutnya gantungan bandul dan busur derajat diletakkan tepat di atas tiang yang berbentuk seperti menara.

c. Rancang Tata Letak Sistem

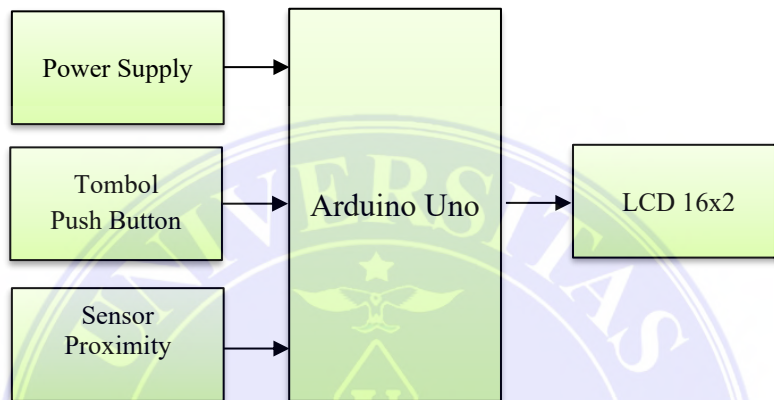
Berikut ini adalah Gambar 3.4 yang menampilkan tata letak sistem-sistem yang akan dibuat pada penelitian ini.



Gambar 3.4. Rancangan Tata Letak Seluruh Sistem

3.4. Diagram Blok Sistem

Selanjutnya, untuk memudahkan pemahaman tentang bagaimana struktur organisasi dari keseluruhan sistem diimplementasikan, berikut ini: Gambar 3.5 yang menampilkan secara blok diagram :



Gambar 3.5. Diagram Block System

3.4.1. Fungsi-fungsi Diagram Block

1. *Power supply* berfungsi sebagai catu daya ke semua bagian dalam rangkaian dengan masukan di Arduino.
2. Arduino sebagai pengendali sensor, LCD 16 x2 dan tombol push button.
3. LCD 16 x2 berfungsi untuk menampilkan data berupa set point, panjang tali, periode dan nilai percepatan gravitasi .
4. Sensor proximity merupakan sensor untuk mendeteksi jumlah ayunan bandul.
5. Tombol *push button* berfungsi untuk memberi masukan atau settingan parameter berupa panjang tali dan jumlah periodenya .

3.5. Sistem Power Supply

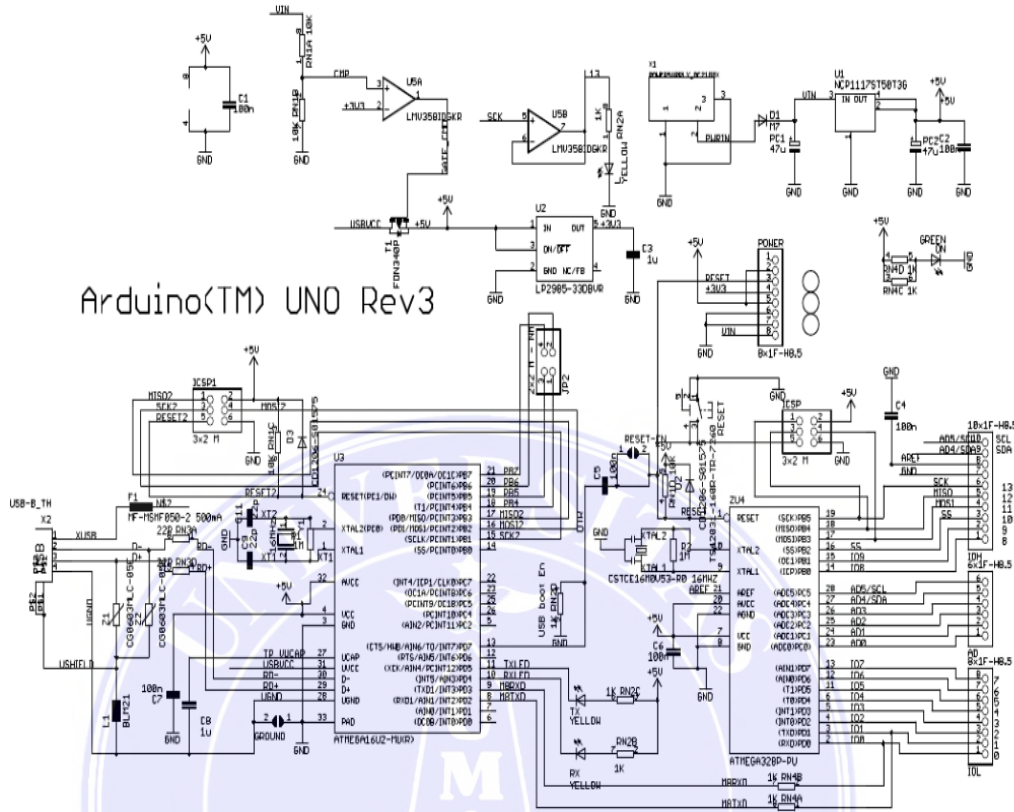
Catu daya adalah bagian dari catu daya dari rangkaian elektronik. Fungsi utama rangkaian daya adalah mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Catu daya ini sekarang tersedia dan tidak perlu didesain ulang atau dibangun kembali. Lihat Gambar 3.6 di bawah ini untuk informasi lebih lanjut.



Gambar 3.6. Rangkaian Power Supply

3.6. Sistem Minimum Arduino Uno

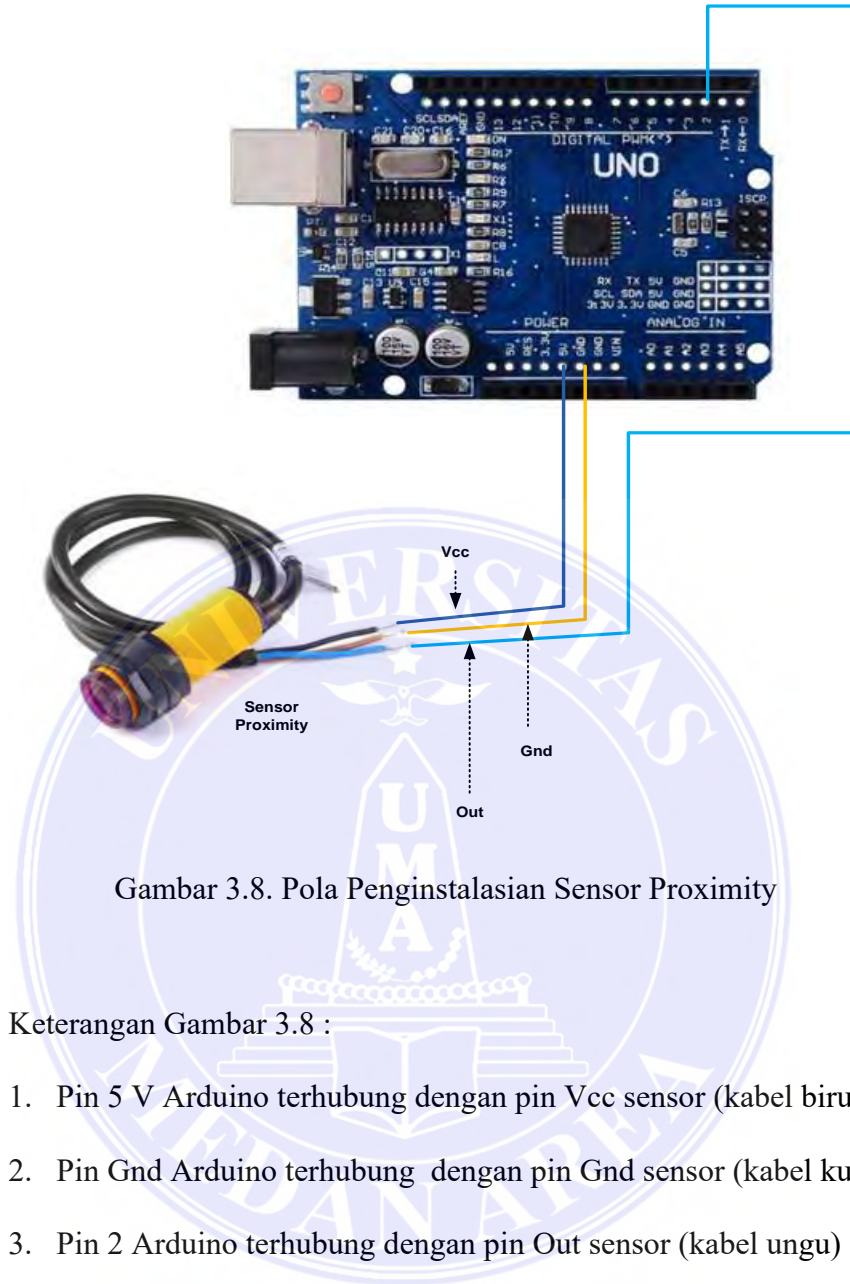
Sirkuit mikrokontroler adalah jantung dari kontrol sistem. Yaitu pada bagian input dan output serta pengolahan data. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ATmega328P. Diagram skema rangkaian sistem mikrokontroler terkecil ditunjukkan pada Gambar 3.7 di bawah ini.



Gambar 3.7. Rangkaian Mikrokontroler Arduino Uno ATmega328P

3.7. Sistem Sensor Proximity

Tidak perlu mendesain ulang atau membangun sistem ini karena sensor ini sudah siap pakai, tetapi Anda perlu memahami cara memasang pin sensor pada sistem kontrol Arduino Uno Anda dan cara kerja sensor ini. Karakteristik bandul sebagai ukuran banyaknya getaran. Berikut ini dijelaskan bagaimana diagram pemasangan pin sensor proximity ditunjukkan pada Gambar 3.8 di bawah ini.



Gambar 3.8. Pola Peningstalasian Sensor Proximity

Keterangan Gambar 3.8 :

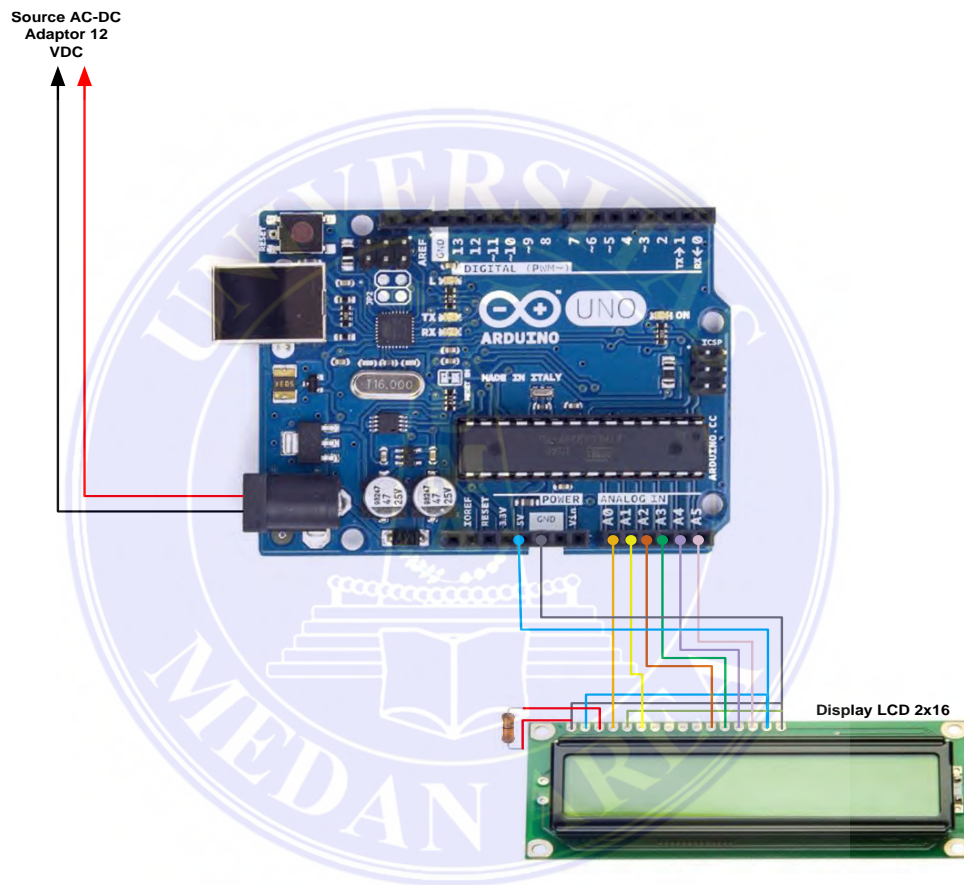
1. Pin 5 V Arduino terhubung dengan pin Vcc sensor (kabel biru)
2. Pin Gnd Arduino terhubung dengan pin Gnd sensor (kabel kuning)
3. Pin 2 Arduino terhubung dengan pin Out sensor (kabel ungu)

3.8. Sistem Penampil Data (LCD 16x2)

Fungsi dari sistem ini adalah untuk menampilkan data berupa informasi nilai titik tertentu berupa panjang kabel, jumlah bentang dan nilai percepatan gravitasi, baik dalam angka maupun dalam bentuk kata-kata, dan bukan dalam bentuk tegangan. Sinyal arus diubah menjadi pernyataan yang ditampilkan di

layar oleh data tegangan. Instruksi yang ditampilkan berdasarkan tulisan atau coding yang dibuat di Arduino IDE.

Yang paling penting untuk dipahami adalah cara membuat alat ini menggunakan model rangkaian stabilisasi antara Arduino dan LCD 16x2. Ini adalah Gambar 3.9 yang menunjukkan diagram rangkaian stabilisasi.



Gambar 3.9. Pola Instalasi LCD 16x2 pada Arduino

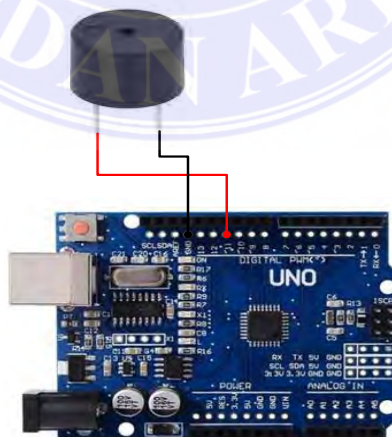
Keterangan gambar 3.11 :

1. Pin Vss Arduino terhubung dengan pin Rw dan pin K (kabel merah)
2. Pin Vdd Arduino terhubung dengan pin Gnd (kabel biru)
3. Pin Rs Arduino terhubung dengan pin A0 (kabel orange)

4. Pin R Arduino terhubung dengan pin Vss (kabel hitam)
5. Pin E Arduino terhubung dengan pin A1 (kabel kuning)
6. Pin D4 Arduino terhubung dengan pin A2 (kabel coklat)
7. Pin D5 Arduino terhubung dengan pin A3 (kabel hijau)
8. Pin D6 Arduino terhubung dengan pin A4 (kabel ungu)
9. Pin D7 Arduino terhubung dengan pin A5 (kabel abu abu)
10. Pin A Arduino terhubung dengan pin Vdd (kabel hitam)
11. Pin K Arduino terhubung dengan pin Vss (kabel biru)

3.9. Rangkaian Buzzer

Rangkaian buzzer bertindak sebagai sistem yang mengeluarkan suara sebagai indikator dari proses penghitungan bandul yang dibuat oleh bandul tersebut. Itu dibangun untuk memastikan sistem sensor bekerja untuk perhitungan. Berikut ini adalah Gambar 3.10 yang menunjukkan rangkaian buzzer dari modul Arduino Uno.



Gambar 3.10. Sistem Buzzer terhadap Arduino

3.10. Sistem Tombol Push Button sebagai Set Point

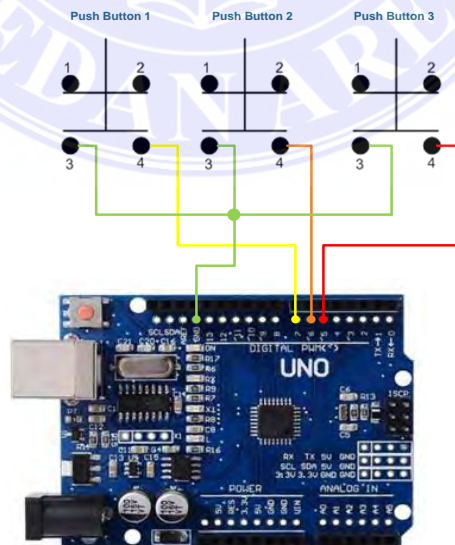
Sistem ini bertindak sebagai perangkat input yang melaluinya Arduino memasukkan panjang string dan pengaturan parameter dalam bentuk interval. Sistem ini terdiri dari tiga komponen tombol, yang masing-masing berfungsi sebagai tombol. :

Push button 1 = Sebagai fungsi Up (menaikkan nilai dari parameter panjang dan periode)

Push button 2 = Sebagai fungsi ENTER (untuk memindahkan pilihan atau menu ke baris selanjutnya dan juga berfungsi sebagai suatu perintah setuju kepada suatu program yang ada pada Arduino.

Push button 3 = Sebagai fungsi Down (mengurangi nilai dari parameter panjang dan periode)

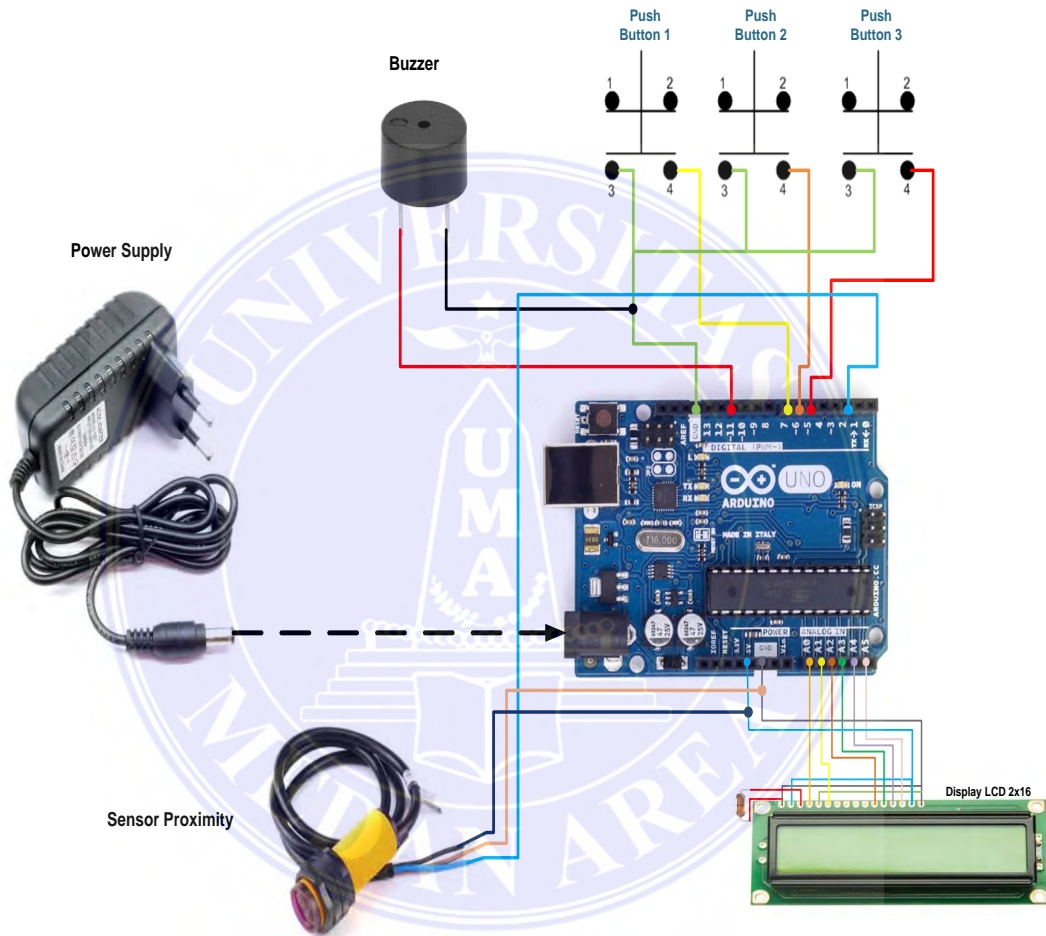
Adapun bentuk rangkaian instalasi dari Sistem Tombol Push Button sebagai Set Point ini adaah dapat ditunjukkan pada Gambar 3.11 berikut ini :



Gambar 3.11. Rangkaian Instalasi Sistem Tombol Push Button sebagai Set Point

3.11. Sistem Secara Keseluruhan

Keseluruhan desain dan konstruksi sistem merupakan kombinasi sempurna dari semua komponen yang membentuk sistem percobaan pendulum sederhana berbasis Arduino. Gambar 3.12 menunjukkan skema lengkap sistem rangkaian.



Gambar 3.12. Skema Rangkaian Keseluruhan

3.12. Coding Arduino

Format atau coding yang dibangun ke dalam Arduino memungkinkan perangkat ini bertindak sebagai perangkat yang mampu menghitung nilai percepatan gravitasi.

```

/*
 * T_kuadrat = waktu / jumlah ayunan
 * g= 4v_kuadrat x L(panjang benang) / T_kuadrat
 * 9,8596
 */
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(A0, A1, A2, A3, A4, A5);

#define t_up 7
#define t_enter 6
#define t_down 5
#define alarm 11
#define sensor 2

byte gambar =0;
byte pangkat[8] = {
  B01110,
  B01001,
  B00010,
  B00100,
  B01111,
  B00000,
  B00000,
};

byte data_up;
byte data_enter;
byte data_down;
byte data_sensor;
int nilai;
int jumlah;

byte set_priode;
float set_panjang;
float nilai_waktu;
float T;
float T2;
float g;
float g2;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  pinMode(t_up, INPUT_PULLUP);

```

```

pinMode(t_enter, INPUT_PULLUP);
pinMode(t_down, INPUT_PULLUP);
pinMode(alarm, OUTPUT);

lcd.createChar(1, pangkat);
gambar = 1;
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2),depan,FALLING);

lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("ALAT PENGHITUNG");
lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(" GRAVITASI ");
digitalWrite(alarm, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(alarm, LOW);
delay(2000);
lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(" Tekan Enter ");
lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(" Untuk Setpoint ");
byte a=1;
while(a==1){
  data_up = digitalRead(t_up);
  data_enter = digitalRead(t_enter);
  data_down = digitalRead(t_down);
  if(data_enter == 0){
    while(data_enter ==0){
      data_enter = digitalRead(t_enter);
    }
    a=0;
  }
}
}

void loop() {
  byte a=1;
  lcd.clear();
  ////////////////////////////////////set benang////////////////////////////////////
  while(a==1){
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Set Panjang Tali");
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("L= "+String(set_panjang)+
" Cm ");
    data_up = digitalRead(t_up);
    data_enter = digitalRead(t_enter);
    data_down = digitalRead(t_down);
    if(data_up==0){
      while(data_up==0){
        data_up = digitalRead(t_up);
      }
      set_panjang++;
    }

    else if(data_down==0){
      while(data_down==0){
        data_down = digitalRead(t_down);
      }
      set_panjang--;
    }

    else if(data_enter == 0){

```



```

        while(data_enter ==0){
            data_enter = digitalRead(t_enter);
        }
        a=2;
    }
}

////////////////////set priode////////////////////
while(a==2){
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Set Priode      ");
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("T= "+String(set_priode)+ "
");
    data_up = digitalRead(t_up);
    data_enter = digitalRead(t_enter);
    data_down = digitalRead(t_down);
    if(data_up==0){
        while(data_up==0){
            data_up = digitalRead(t_up);
        }
        set_priode++;
    }
    else if(data_down==0){
        while(data_down==0){
            data_down = digitalRead(t_down);
        }
        set_priode--;
    }
    else if(data_enter == 0){
        while(data_enter ==0){
            data_enter = digitalRead(t_enter);
        }
        lcd.clear();
        byte x=1;
        nilai=0;
        while(x==1){
            if(nilai >=1){
                a=3;
                x=0;
            }
            lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Lepaskan Bandul");
        }
    }
}

////////////////////running////////////////////
while(a==3){
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Proses Menghitng");
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Sedang Berjalan");
    if(nilai >=2){
        jumlah++;
        nilai=0;
        //Serial.println(jumlah);
    }
}

```

```

        if(jumlah >= set_priode){
            a=4;
            nilai_waktu = nilai_waktu/90;
            lcd.clear();
            digitalWrite(alarm, HIGH);
            delay(250);
            digitalWrite(alarm, LOW);
        }
        nilai_waktu++;
        //Serial.println(nilai_waktu);
        delay(1);
    }
    //set_panjang = set_panjang/100;
    T= nilai_waktu/set_priode;
    T2= T*T;
    Serial.println("T2= "+String(T2));
    g= 39.43*set_panjang/100;
    Serial.println("g= "+String(g));
    g= g/T2;
    Serial.println(T2);
    ////////////////////////////////////////////////////////////////////hasil//////////////////////////////////////////////////////////////////
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Tekan Up / Down ");
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(" Melihat Hasil ");
    while(a==4){
        data_up = digitalRead(t_up);
        data_enter = digitalRead(t_enter);
        data_down = digitalRead(t_down);
        if(data_up==0){
            while(data_up==0){
                data_up = digitalRead(t_up);
            }
            lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("t=
"+String(nilai_waktu)+" Sec
");
            //lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("T= "+String(T)+
");
        }

        else if(data_down==0){
            while(data_down==0){
                data_down = digitalRead(t_down);
            }
            lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("=====");
            lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("g= "+String(g)+"
m/s"+char(gambar)+"
");
        }

    }

    //Serial.println(data_down);
    delay(200);
}

void depan(){
    data_sensor = digitalRead(sensor);
    if(data_sensor == 0){
        nilai++;
    }
}

```

```
digitalWrite(alarm, HIGH);  
delay(50);  
digitalWrite(alarm, LOW);  
//Serial.println(nilai);  
}  
}
```

3.13. Penginputan Coding Arduino

Setelah pengkodean Arduino selesai, langkah selanjutnya adalah memasukkan pengkodean ke dalam mikrokontroler Arduino sendiri. Tujuannya adalah untuk membiarkan Arduino bertindak sebagai perangkat kontrol untuk seluruh sistem kerja. Untuk memasukkan pengkodean Arduino:

1. Merakit seluruh rangkaian pemrograman
2. Memasukkan program *bootloader* agar mikrokontroler dapat memprogram dirinya sendiri dan dapat diprogram dengan menggunakan *software* arduino.
3. Mengetik program menggunakan *software* Arduino (dalam penelitian ini penulis menggunakan versi 1.8.8).
4. Melakukan pengecekan (*Verify*) program yang telah ditulis, untuk mengetahui apakah ada kesalahan dalam penulisan atau tidak.
5. Mengupload program ke *board* Arduino
6. Menjalankan program

Adapun Langkah-langkah yang dilakukan:

1. Klik *Local Disk C* → *Program Files* → *arduino-nightly* → *arduino.exe*



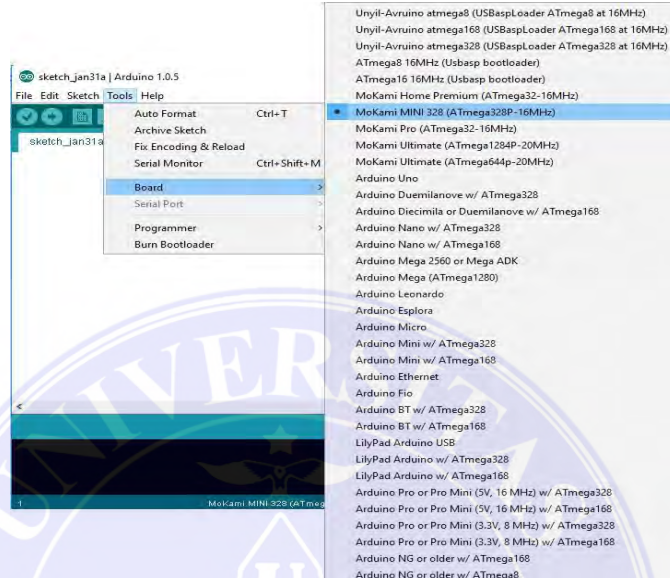
Gambar 3.13. Software Arduino 1.8.8

2. Pada *software* Arduino, Klik *File* → *New*
3. Muncul kotak *dialog* seperti gambar dibawah ini:



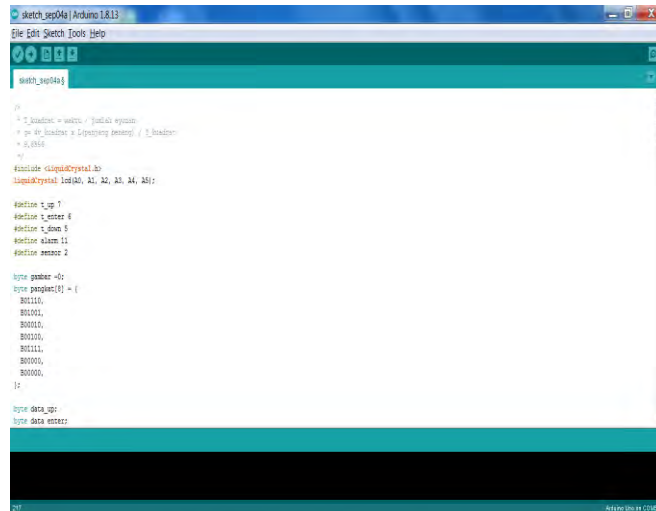
Gambar 3.14. Menu *File* Baru

- 4. Sebelum Anda mulai menulis rumus, tentukan dulu jenis papan Arduino yang akan digunakan (penulis menggunakan Arduino-Uno). Klik *Tools* → *Board* → *Arduino Uno*.



Gambar 3.15. Pemilihan *Board* Arduino

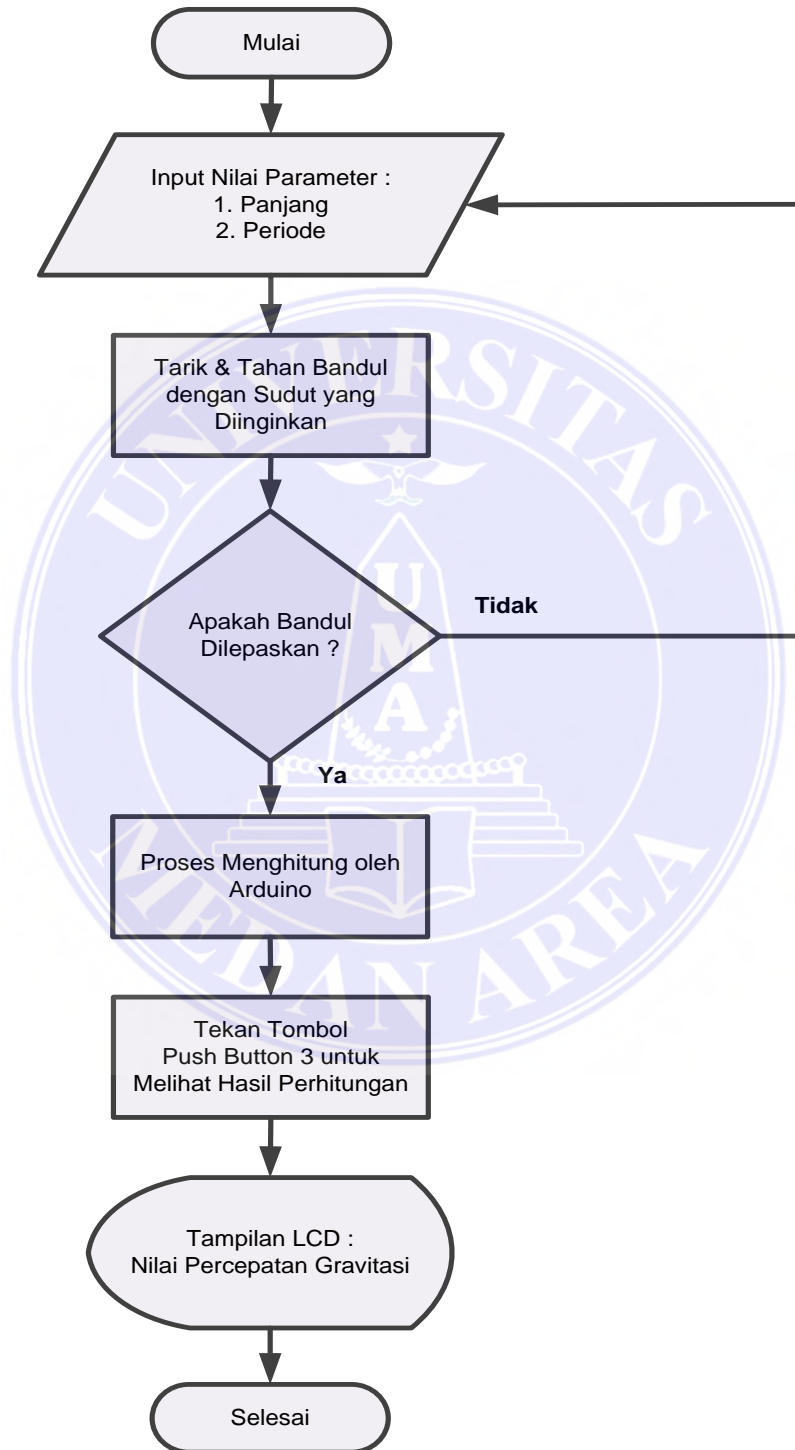
- 5. Setelah memilih papan, masukkan perintah pemrograman langsung ke kotak dialog Arduino untuk membuat proyek baru.

Gambar 3.16. Membuat *File* Proyek Baru

6. Setelah sintaks pemrograman dibuat, langkah selanjutnya adalah memvalidasi program dengan mengklik tombol Validasi dengan logo verifikasi (✓) di sudut kiri atas bilah menu perangkat lunak Arduino.
7. Setelah proses verifikasi berhasil dan software Arduino menyatakan bahwa program telah ditulis dengan benar, langkah selanjutnya adalah mengupload program tersebut ke board Arduino. Caranya adalah dengan menghubungkan board Arduino dengan kabel USB ke PC/Laptop Anda dan klik tombol Upload pada menu bar software Arduino.
8. Ketika unggahan selesai, simpan pernyataan pemrograman yang dihasilkan ke file Save As atau Ctrl + Shift + S dan pilih lokasi yang diinginkan. Kemudian lepaskan board Arduino dari PC/laptop dan jalankan rangkaian sistem yang telah dirakit sebelumnya.

3.14. Flowchart Sistem Kerja Alat

Berikut adalah Gambar 3.17 yang memperlihatkan alur kerja sistem alat percobaan Ayunan Bandul Sederhana:



Gambar 3.17. Flowchart Sistem Kerja Alat

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan dengan “Alat Percobaan Ayunan Pendulum Sederhana Berbasis Arduino”, dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Dapat membuat tes ayunan bandul sederhana menggunakan model sistem numerik berdasarkan tujuan yang diharapkan.
2. Modul Arduino Uno dapat digunakan sebagai sistem kontrol untuk semua perangkat, terbukti dengan kinerja instrumen yang dapat dengan mudah mengukur percepatan gravitasi dari putaran sederhana pendulum tanpa perhitungan manual.
3. Penerapan layar LCD 16x2 dapat digunakan sebagai tampilan hasil pengukuran, dimana dapat dilihat pada layar LCD menampilkan variabel pengukuran dan hasil pengukuran percepatan gravitasi.
4. Fungsi timer bawaan Arduino dapat bertindak sebagai sistem pembacaan variabel waktu yang terlihat pada layar LCD yang menunjukkan hasil perhitungan.
5. Alat yang dirancang dapat mengukur percepatan gravitasi dengan cepat tanpa perhitungan manual dan dapat dilihat di layar LCD yang menunjukkan hasilnya dengan cepat.

5.2. Saran

1. Saat mengukur percepatan gravitasi dengan alat ini, letakkan di tempat yang tidak terpengaruh oleh gaya luar seperti angin atau getaran suatu benda.
2. Saat menarik pendulum dengan seutas tali, jangan memiringkan pendulum ke arah permukaan gantungan. Proses pendulum teratur dan seimbang, sehingga menghasilkan hasil pengukuran yang lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- H. Widya “Variasi Bentuk Bandul untuk Meningkatkan Pemahaman Peserta Didik Dalam Penentuan Nilai Gravitasi Bumi pada Ayunan Sederhana,” Vol. 3, no. 1, pp. 42–46, 2019.
- A. H. Setyadin *et al.*, “Optimalisasi Bandul Matematis Menggunakan Tracker dalam Penentuan Perubahan Percepatan Gravitasi Permukaan Bumi (g) Akibat Gerhana Matahari Sebagian (GMS) 9 M,” vol. v. February, 2016.
- S. Das and P. Wahi, “Initiation and Directional Control of Period-1 Rotation for Vertically or Horizontally Excited Parametric Pendulum,” *Procedia IUTAM*, vol. 22, pp. 99–106, 2017.
- K. Khotimah, S. Viridi, and N. Khotimah, “Ayunan Sederhana : Pengaruh Panjang Tali , Sudut Awal , dan Massa Bandul terhadap Periode serta Menentukan Konstanta Redaman,” vol. 2011, No. SNIPS, pp. 22–23, 2011.
- Mungkin, Moranain. 2020. Penuntun Praktikum Fisika Dasar. Medan: Laboratorium Fisika Dasar UMA.
- Saptaji, Handayani W. 2015. Mudahbelajar Mikrokontroler dengan Arduino. Bandung :Widya Media
- Sarmidi, Sidik Ibnu Rahmat. 2019. Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno. *JUMANTAKA*. 03(01): 31-41.
- Figa Undala, Dedi Triyanto, Yulrio Brianorman. Prototype Sistem Keamanan Pintu Menggunakan Radio Frequency Identification (RFID) Dengan Kata Sandi Berbasis Mikrokontroler. Jurusan Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura
- Wong, D. K. A Sensitive DIY Ultrasonic Range Sensor. <http://www.kerrywong.com/2011/01/22/a-sensitive-diy-ultrasonic-rangesensor/>, 2011.
- Heryanto, M. A., & Prasetyanto, W. A. (2008). Pemrograman bahasa C untuk mikrokontroler ATmega8535. Yogyakarta: Penerbit ANDI.

LAMPIRAN

Coding Arduino

```

/*
 * T_kuadrat = waktu / jumlah ayunan
 * g= 4v_kuadrat x L(panjang benang) / T_kuadrat
 * 9,8596
 */
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(A0, A1, A2, A3, A4, A5);

#define t_up 7
#define t_enter 6
#define t_down 5
#define alarm 11
#define sensor 2

byte gambar = 0;
byte pangkat[8] = {
  B01110,
  B01001,
  B00010,
  B00100,
  B01111,
  B00000,
  B00000,
};

byte data_up;
byte data_enter;
byte data_down;
byte data_sensor;
int nilai;
int jumlah;

byte set_priode;
float set_panjang;
float nilai_waktu;
float T;
float T2;
float g;
float g2;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  pinMode(t_up, INPUT_PULLUP);
  pinMode(t_enter, INPUT_PULLUP);
  pinMode(t_down, INPUT_PULLUP);
  pinMode(alarm, OUTPUT);

  lcd.createChar(1, pangkat);
  gambar = 1;
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(2),depan,FALLING);

```

```

    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("ALAT  PENGHITUNG");
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("    GRAVITASI    ");
    digitalWrite(alarm, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(alarm, LOW);
    delay(2000);
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("  Tekan Enter  ");
    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(" Untuk Setpoint ");
    byte a=1;
    while(a==1){
        data_up = digitalRead(t_up);
        data_enter = digitalRead(t_enter);
        data_down = digitalRead(t_down);
        if(data_enter == 0){
            while(data_enter ==0){
                data_enter = digitalRead(t_enter);
            }
            a=0;
        }
    }
}

void loop() {
    byte a=1;
    lcd.clear();
    ////////////////////////////////////set benang////////////////////////////////////
    while(a==1){
        lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Set Panjang Tali");
        lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("L= "+String(set_panjang)+
" Cm          ");
        data_up = digitalRead(t_up);
        data_enter = digitalRead(t_enter);
        data_down = digitalRead(t_down);
        if(data_up==0){
            while(data_up==0){
                data_up = digitalRead(t_up);
            }
            set_panjang++;
        }

        else if(data_down==0){
            while(data_down==0){
                data_down = digitalRead(t_down);
            }
            set_panjang--;
        }

        else if(data_enter == 0){
            while(data_enter ==0){
                data_enter = digitalRead(t_enter);
            }
            a=2;
        }
    }

    ////////////////////////////////////set priode////////////////////////////////////

```

```

while(a==2){
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Set Priode      ");
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("T= "+String(set_priode)+ "
");
  data_up = digitalRead(t_up);
  data_enter = digitalRead(t_enter);
  data_down = digitalRead(t_down);
  if(data_up==0){
    while(data_up==0){
      data_up = digitalRead(t_up);
    }
    set_priode++;
  }

  else if(data_down==0){
    while(data_down==0){
      data_down = digitalRead(t_down);
    }
    set_priode--;
  }

  else if(data_enter == 0){
    while(data_enter ==0){
      data_enter = digitalRead(t_enter);
    }
    lcd.clear();
    byte x=1;
    nilai=0;
    while(x==1){
      if(nilai >=1){
        a=3;
        x=0;
      }
      lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Lepaskan Bandul");
    }
  }
}

//////////running//////////
while(a==3){
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Proses Menghitng");
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Sedang Berjalan");
  if(nilai >=2){
    jumlah++;
    nilai=0;
    //Serial.println(jumlah);
  }

  if(jumlah >= set_priode){
    a=4;
    nilai_waktu = nilai_waktu/90;
    lcd.clear();
    digitalWrite(alarm, HIGH);
    delay(250);
    digitalWrite(alarm, LOW);
  }
}

```

```

    }
    nilai_waktu++;
    //Serial.println(nilai_waktu);
    delay(1);
  }
  //set_panjang = set_panjang/100;
  T= nilai_waktu/set_priode;
  T2= T*T;
  Serial.println("T2= "+String(T2));
  g= 39.43*set_panjang/100;
  Serial.println("g= "+String(g));
  g= g/T2;
  Serial.println(T2);
  ////////////////hasil////////////////////
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Tekan Up / Down ");
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(" Melihat Hasil ");
  while(a==4){
    data_up = digitalRead(t_up);
    data_enter = digitalRead(t_enter);
    data_down = digitalRead(t_down);
    if(data_up==0){
      while(data_up==0){
        data_up = digitalRead(t_up);
      }
      lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("t=
"+String(nilai_waktu)+" Sec ");
      //lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("T= "+String(T)+"
");
    }

    else if(data_down==0){
      while(data_down==0){
        data_down = digitalRead(t_down);
      }
      lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("=====");
      lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("g= "+String(g)+"
m/s"+char(gambar)+" ");
    }

  }

  //Serial.println(data_down);
  delay(200);
}

void depan(){
  data_sensor = digitalRead(sensor);
  if(data_sensor == 0){
    nilai++;
    digitalWrite(alarm, HIGH);
    delay(50);
    digitalWrite(alarm, LOW);
    //Serial.println(nilai);
  }
}
}

```

