

**RANCANG BANGUN ALAT PRAKTIKUM BANDUL
MATEMATIS BERBASIS IoT**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu Fisika



Oleh : **ANDIKA RIFQI MAULANA**

NIM : 1708026007

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO

SEMARANG

2023

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andika Rifqi Maulana
NIM : 1708026007
Jurusan/Program Studi : Fisika / Fisika

menyatakan bahwa skripsi yang berjudul

RANCANG BANGUN ALAT PRAKTIKUM BANDUL MATEMATIS BERBASIS IOT

secara keseluruhan adalah hasil penelitian / karya saya sendiri, Kecuali pada bagian tertentu yang dirujuk sumbernya

Semarang, 17 Juli 2023

Pembuat Pernyataan,



Andika Rifqi Maulana

NIM : 1708026007



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang
Telp. 024 7601295 Fax. 7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : **RANCANG BANGUN ALAT PRAKTIKUM BANDUL
MATEMATIS BERBASIS IOT**

Penulis : Andika Rifqi Maulana

NIM : 1708026007

Jurusan : Fisika

Telah diujikan dalam sidang *Munaqosyah* oleh Dewan Penguji
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat
diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana
dalam Ilmu Fisika.

Semarang, 17 Juli 2023

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang

Agus Sudarmanto, M. Si.

NIP : 197708232009121001

Sekretaris Sidang

Muhammad Izzatul Faqih, M.Pd

Penguji I,

Irman Said Prastyo, M.Sc.

NIP : 199112282019031009

Penguji II,

Hartono M.Sc

NIP : 199009242019031006

Pembimbing I,

Agus Sudarmanto, M. Si.

NIP : 197708232009121001

Pembimbing II,

Fachrizal Rian Pratama, M.Sc.

NIP : 19890626 2019031012



NOTA DINAS

Semarang, 6 Juni 2023

Yth. Kepala Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : RANCANG BANGUN ALAT PRAKTIKUM
BANDUL MATEMATIS BERBASIS IOT
Nama : Andika Rifqi Maulana
NIM : 1708026007
Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pembimbing I



Agus Sudarmanto, M.Si
NIP : 19770823 200912 1 001

NOTA DINAS

Semarang, 6 Juni 2023

Yth. Kepala Program Studi Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : RANCANG BANGUN ALAT PRAKTIKUM
BANDUL MATEMATIS BERBASIS IOT
Nama : Andika Rifqi Maulana
NIM : 1708026007
Jurusan : Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pembimbing II



Fachrizal Rian Pratama, M.Sc.
NIP : 19890626 201903 1 012

ABSTRAK

Praktikum merupakan metode pembelajaran yang digunakan oleh pengajar di bidang ilmu sains. Bandul matematis merupakan salah satu materi dalam ilmu fisika yang dapat dipermudah pemahamannya menggunakan metode praktikum. Tujuan penelitian ini untuk membuat rancang bangun alat praktikum bandul matematis berbasis *Internet of Things*, supaya praktikan dapat melaksanakan kegiatan eksperimen bandul matematis lebih bebas dari waktu dan lokasi. Metodologi penelitian ini berbasis RnD meliputi studi literatur, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, pengujian dan pengambilan data, analisis data, dan pembuatan laporan. Penelitian ini menghasilkan rancang bangun praktikum bandul matematis dan kontrol menggunakan aplikasi blynk yang berfungsi dengan cukup baik. Pengujian akurasi sensor infrared fc-51 dilakukan uji perbandingan dengan stopwatch menghasilkan akurasi data periode terdapat pada 96 % sampai 99 %. Selain itu, hasil penghitungan yang diambil dari data periode (T) menghasilkan data percepatan gravitasi sebesar $9,7 \text{ m/s}^2$ dengan akurasi 94,14% pada l 103 cm, $9,75 \text{ m/s}^2$ dengan akurasi 94,7 % pada l 98 cm, $9,65 \text{ m/s}^2$ dengan akurasi 92,38 % pada l 93 cm, $9,66 \text{ m/s}^2$ dengan akurasi 95,49 % pada l 88 cm, dan $9,58 \text{ m/s}^2$ dengan akurasi 93,97 % pada l 72 cm. Aplikasi Blyk pada penelitian ini mampu menampilkan data pengujian berupa n dan t . *Video streaming* juga ditampilkan pada aplikasi blynk untuk media monitoring. Selain itu juga mampu untuk mengontrol *on / off* sistem dan elektromagnet.

Kata Kunci :

Praktikum Bandul Matematis, Internet of Things, Blynk

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa tercurahkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyusun skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT” ini dengan baik. Tidak lupa sholawat serta salam selalu kami haturkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi yang disusun guna memenuhi tugas dan persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana sains dalam Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang ini banyak mendapatkan bimbingan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, berkat ridlo-Nya penulis dapat melaksanakan tugas akhir dengan lancar.
2. Nabi Muhammad SAW yang menjadi pemicu semangat setiap saat ketika diri penulis merasa sedih dan *insecure*.
3. Bapak Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
4. Bapak Dr. H. Ismail, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

5. Bapak Agus Sudarmanto, M.Si. selaku ketua Program Studi Fisika Fakultas Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang sekaligus Dosen Pembimbing
6. Bapak Muhammad Izzatul Faqih, M.Pd. selaku Sekretaris Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
7. Bapak Fachrizal Rian Pratama, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing.
8. Bapak Muhlisin dan Ibu Solikati, sudah memberikan dukungan serta doa kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan kuliah.
9. Pengasuh Pondok Pesantren Fadhlul Fadhlan, Dr. KH. Fadlolan Musyaffa', LC., MA. yang menjadi pemantik semangat dan yang telah berkenan menuntun serta membentuk penulis menjadi pribadi lebih santai dan berhati besar.
10. Teman-teman fisika Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang angkatan 2017 atas dukungan dan perjuangan selama perkuliahan serta makanannya selama perkuliahan.
11. Teman-teman Pondok Pesantren Fadhlul Fadhlan Mijen Semarang yang telah berkenan meminjamkan kendaraan pribadinya sehingga bisa membantu

penulis menyelesaikan penelitian alat dan bimbingan demi bimbingan penulis.

Penulis sangat menyadari bahwa penelitian skripsi masih perlu ditingkatkan lebih lanjut guna mencapai tujuan yang lebih luhur. Oleh karena itu, penulis meminta maaf atas kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan skripsi. Penulis berharap kritik dan saran yang membangun guna peningkatan kualitas skripsi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat menjadi referensi demi pengembangan yang lebih baik.

Semarang, 13 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA PEMBIMBING.....	iv
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	6
E. Batasan Masalah	6
BAB II.....	8
LANDASAN PUSTAKA.....	8
A. Kajian Teori.....	8
1. Gerak Harmonis Sederhana (Bandul Matematis).....	8
2. Internet of Things	14
3. Arduino IDE	15
4. Blynk.....	18
5. NodeMCU ESP8266.....	20
6. OLED.....	23
7. IP Camera	26
8. Relay	29
9. Sensor Infrared FC-51.....	31
10. Magnet Elektromagnet	34
11. Metode Penelitian RnD	35
B. Kajian Penelitian Yang Relevan	36
BAB III.....	42
METODOLOGI PENELITIAN.....	42
A. Waktu dan Tempat.....	42
1. Waktu.....	42
2. Tempat.....	42
B. Alat dan Bahan Penelitian	42

C.	Metodologi Penelitian	42
1.	Studi Literatur	42
2.	Perancangan Alat	43
3.	Analisis Data dan Pembuatan Laporan	45
D.	Desain Alat dan Aplikasi.....	45
1.	Desain Alat.....	45
2.	Desain Aplikasi	47
E.	Perancangan Alat Keras.....	48
F.	Perancangan Alat Lunak.....	50
G.	Metode Pengujian	52
1.	Pengujian Sensor Infrared FC-51	52
2.	Pengujian Modul Relay	53
3.	Pengujian Komunikasi Data	53
4.	Pengujian <i>IP Camera</i>	53
5.	Perancangan Pengujian Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT Secara Keseluruhan	54
BAB IV	.....	57
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	.....	57
A.	Hasil Penelitian Prototipe Rancang Bangun Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT	60
1.	Hasil Pengujian Sensor Infrared FC-51	60
2.	Hasil Pengujian Relay Modul	65
3.	Hasil Pengujian Magnet Elektromagnet.....	66
4.	Hasil Pengujian <i>IP Camera</i>	68
5.	Hasil Pengujian Komunikasi Data	70
B.	Pembahasan Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT	72
BAB V	.....	81
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	81
A.	Kesimpulan	81
B.	Saran.....	83
DAFTAR PUSTAKA	.....	84
Lampiran-lampiran	.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Spesifikasi NodeMCU Lolin V3	22
Tabel 2.2	Spesifikasi OLED 0,96 Inch	26
Tabel 2.3	Spesifikasi Kamera EZVIZ C1HC	29
Tabel 2.4	Spesifikasi Sensor Infrared FC51	32
Tabel 3.1	Daftar Alat dan Bahan	44
Tabel 3.2	Daftar Komponen	44
Tabel 4.1	Panjang tali 103 cm	63
Tabel 4.2	Panjang tali 98 cm	63
Tabel 4.3	Panjang tali 93 cm	63
Tabel 4.4	Panjang tali 88 cm	64
Tabel 4.5	Panjang tali 72 cm	64
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Relay	66
Tabel 4.7	Hasil Pengujian Elektromagnet	67
Tabel 4.8	Hasil Pengujian <i>IP Camera</i>	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Simulasi gerak ayunan pada bandul matematis	9
Gambar 2.2	Bandul Matematis	10
Gambar 2.3	Tampilan Software Arduino	15
Gambar 2.4	Koneksi antara <i>device</i> , mikrokontroler, dan <i>Blynk Cloud Server</i>	19
Gambar 2.5	Perangkat mikrokontroler NodeMCU	20
Gambar 2.6	OLED 0,96 Inch	23
Gambar 2.7	Sistem jaringan <i>IP Camera</i> pada berbagai perangkat	28
Gambar 2.8	<i>IP Camera</i> EZVIZ C1HC	28
Gambar 2.9	Modul komponen relay	29
Gambar 2.10	Rangkaian Dasar Relay	30
Gambar 2.11	Perangkat Sensor Infrared FC-51	31
Gambar 2.12	Skematik Sensor Infrared FC-51	33
Gambar 2.13	Cara Kerja Sensor Infrared FC-51	33
Gambar 2.14	Magnet Elektromagnet	34
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> pelaksanaan metodologi penelitian	43
Gambar 3.2	Alat Bandul Matematis Berbasis IoT	45
Gambar 3.3	Aplikasi <i>Blynk</i>	48
Gambar 3.4	Perancangan Perangkat Keras	49
Gambar 3.5	Tampilan <i>software</i> Arduino IDE	50

Gambar 3.6	Flowchart <i>software</i> dari bandul matematis berbasis IoT	51
Gambar 3.7	<i>Flowchart</i> IP Camera	52
Gambar 4.1	Alat Praktikum Bandul Matematis	58
Gambar 4.2	Implementasi Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT	59
Gambar 4.3	Implementasi perancangan sistem <i>hardware</i>	60
Gambar 4.4	Rangkaian Pengujian Sensor Infrared FC-51	61
Gambar 4.5	Proses Pengujian Sensor Infrared FC-51	62
Gambar 4.6	Rangkaian Pengujian Relay	65
Gambar 4.7	Proses Pengujian Elektromagnet	68
Gambar 4.8	Tampilan <i>Streaming Video</i> pada Aplikasi Blynk	71
Gambar 4.9	Serial Monitor Pada Software Arduino	71
Gambar 4.10	Sistem terhubung dengan server iot.serangkota.go.id	72
Gambar 4.11	Sistem Tidak terhubung dengan server iot.serangkota.go.id	72
Gambar 4.12	Grafik periode rata-rata dan akurasi	75
Gambar 4.13	Grafik percepatan gravitasi dan akurasi	76

DAFTARLAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data Pengujian Periode dan Percepatan Gravitasi Sensor	91
Lampiran 2 Gambar Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT Dan Proses Pengujian	105
Lampiran 3 <i>Datasheet</i> Sensor	111
Lampiran 4 Cara Penggunaan Rancang Bangun Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT	122
Lampiran 5 <i>Source Code</i> Sistem Rancang Bangun Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT	131
Lampiran 6 <i>Source Code</i> Kontrol Rancang Bangun Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT	134

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Fisika adalah disiplin ilmu yang membahas teori tentang fenomena alam dan bagaimana mereka terkait dengan realitas. Fisika berfungsi sebagai subjek pendidikan yang bertujuan tidak hanya untuk memberikan pengetahuan kepada pelajar, tetapi juga untuk mengembangkan keterampilan yang unggul. Melalui pembelajaran fisika, pelajar dilatih untuk melakukan penelitian dan observasi dengan menggunakan metode ilmiah. Tujuannya adalah supaya mereka dapat menghasilkan karya ilmiah dan mengadopsi sikap ilmiah yang kuat. Oleh karena itu, pembelajaran fisika harus melibatkan eksperimen yang dapat dilaksanakan di laboratorium, bukan hanya mengandalkan pengajaran secara lisan saja. (Kurnianto et al., 2010)

Praktikum adalah metode pembelajaran yang dilakukan oleh guru dan pengajar, supaya siswa dan mahasiswa bisa lebih terbantu dalam memahami ilmu fisika. Kegiatan praktikum pada umumnya dilaksanakan di laboratorium (Setyaningrum et al., 2013). Umumnya, kegiatan praktikum dilaksanakan dengan langkah-langkah diantaranya ialah siswa dan mahasiswa melaksanakan percobaan oleh mereka sendiri dengan didampingi oleh pengajar atau asisten laboratorium supaya dapat mengalami sendiri dan membuktikan sesuatu

yang telah dipelajari atau suatu peristiwa yang telah terjadi atau sedang terjadi, lalu mengamati suatu proses, mengamati objek penelitian, menganalisa, membuktikan dan menjabarkan kesimpulan oleh mereka sendiri terhadap suatu objek penelitian, keadaan atau proses terhadap sesuatu (Kurniawati et al., 2015).

Praktikum merupakan kegiatan yang memiliki tujuan membekali dan mempersiapkan para siswa supaya dapat lebih menguasai serta memahami teori dan praktik. Kegiatan praktikum dapat memberikan manfaat diantaranya yaitu : 1). Keterampilan yang meningkat. 2). Praktikan mendapatkan kesempatan untuk menerapkan dan menyelaraskan pengetahuan serta kemampuan individu yang dimiliki melalui praktikum. 3). Membuktikan suatu hal, kejadian, atau fenomena alam secara ilmiah. 4). Praktikan bisa menghargai ilmu pengetahuan dan proses pengamatan ilmiah (Susanti, 2013).

Praktikum bandul matematis ini merupakan salah satu tema praktikum di Prodi Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang, tujuan dari praktikum ini adalah untuk mempraktikkan salah satu dari teori gerak osilasi, juga untuk mengetahui asas dari gerak harmonis sederhana dan menentukan percepatan gravitasi bumi. Bandul matematis memiliki sifat simpangan yang kecil, apabila simpangan yang

digunakan terlalu besar, maka gaya yang terjadi di benda tidak akan berbanding lurus dengan simpangan (Abdullah, 2016).

Pembelajaran *blended learning* yaitu pembelajaran dengan menggabungkan antara pembelajaran tatap muka secara langsung (*luring*) dan pembelajaran dalam jaringan (*daring*) (Dinning et al., 2015). Pembelajaran *blended learning* bisa diterapkan pada mata pelajaran atau mata kuliah non praktikum ataupun praktikum, untuk mata kuliah praktikum bisa menerapkan pembelajaran secara luring dengan skema yang beragam, bisa secara simulasi *online* serta *real laboratory*. *Real Laboratory* adalah suatu instrumen alat praktikum yang dilaksanakan secara daring menggunakan *smartphone* yang memiliki kapabilitas untuk mengontrol dan memonitoring alat praktikum dengan menampilkan alat praktikum secara *live* di layar *smartphone*. Salah satu penelitian yang memanfaatkan teknologi *Internet of Things*. Seperti telah dilaksanakan oleh Muhammad Nurkholis Ramadhani pada tahun 2021 yang memanfaatkan sensor ultrasonik, sensor suhu, dan sensor kelembaban bisa mendapatkan data berupa perubahan suhu pada ketel air dan pemuai panjang kawat.

Perkembangan teknologi sudah mengalami perkembangan yang signifikan sampai saat ini. Manusia berusaha untuk meneliti, mengembangkan, dan menyempurnakan teknologi sebagai sarana mempermudah kehidupan kita. IoT (*Internet of*

Things) dan mikrokontroler merupakan satu dari sekian banyaknya hasil dari pengembangan teknologi saat ini (Muchlis et al., 2018). Pemanfaatan mikrokontroler, sensor, dan transduser merupakan komponen penting dari penggunaan alat ukur otomatis digital yang menggunakan LCD sebagai tampilannya (Jayanti et al., 2020) .

Penelitian tentang instrumen bandul matematis yang dilaksanakan menggunakan mikrokontroler sebagai unit proses datanya telah dilaksanakan oleh banyak pihak, salah satunya penelitian yang telah dilaksanakan oleh (Farasdaq, 2020) dengan menggunakan mikrokontroler Arduino UNO dan juga sensor infrared fc-51 untuk mendeteksi keberadaan suatu objek. *Error* ketelitian pengambilan data dari alat milik Farasdaq berkisar dari 0,2% sampai dengan 1,3%. Perbedaan antara penelitian yang dilakukan oleh Farasdaq dengan peneliti terletak pada penggunaan mikrokontroler yang digunakan. Peneliti menggunakan mikrokontroler Nodemcu ESP8266, sedangkan Farasdaq menggunakan mikrokontroler Arduino UNO. Pengembangan penelitian dari penelitian sebelumnya dilakukan dengan membuat alat praktikum bandul matematis dapat diakses dan dikendalikan secara *online* melalui *smartphone*, dikarenakan pada penelitian sebelumnya terdapat kekurangan dalam pelaksanaannya masih yang harus datang secara *offline* untuk pengambilan datanya. Maka dari itu, peneliti menggunakan aplikasi blynk

untuk melakukan hal tersebut. Berdasarkan pertimbangan dari peneliti tentang penelitian yang telah dilaksanakan oleh Farazdaq pada tahun 2020, peneliti melakukan pengembangan dengan memberikan pengembangan berupa menyambungkan rancang bangun prototipe alat praktikum bandul matematis dengan *smartphone* pengguna dengan memanfaatkan aplikasi Blynk pada *Smartphone*.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengembangan rancang bangun alat praktikum bandul matematis berbasis iot melalui *smartphone*?
2. Data apa yang akan didapatkan dari rancang bangun alat bandul matematis berbasis iot?
3. Bagaimana akurasi dari prototipe alat bandul matematis berbasis iot?

C. Tujuan Penelitian

Berikut tujuan penelitian yang oleh peneliti ingin capai :

1. Menghasilkan pengembangan *real laboratory* berupa prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis *internet of things*.
2. Dapat menampilkan data yang berhubungan dengan penelitian yang kemudian dapat diamati pada OLED dan aplikasi blynk

3. Menganalisis akurasi data yang didapatkan dari alat praktikum bandul matematis berbasis iot.

D. Manfaat Penelitian

Berikut manfaat yang diharapkan oleh peneliti bisa berikan yaitu:

1. Menambah rujukan tentang pengembangan alat praktikum bandul matematis yang memanfaatkan *Internet of Things* (IoT).
2. Menjadi jalan keluar untuk pengadaan *real laboratory*, supaya kegiatan praktikum bandul matematis dapat dilaksanakan dimanapun dan kapanpun.
3. Menambah sumber literatur dan penelitian serta pengembangan pada bandul matematis dan *Internet of Things* (IoT).

E. Batasan Masalah

Pada penelitian kali ini, terdapat pembatasan masalah yang meliputi :

1. Produk yang dihasilkan masih berupa prototipe.
2. Beban yang digunakan berjenis aluminium dan dengan massa 50 g.
3. Sensor yang digunakan sensor infrared FC-51.
4. Sudut simpangan yang digunakan sebesar 5° .
5. Kalibrasi dan karakterisasi sensor menggunakan *datasheet*.

6. Panjang tali divariasi dengan panjang 73 cm, 88 cm, 93 cm, 98 cm, dan 103 cm.
7. Rancang bangun prototipe alat yang dihasilkan hanya menampilkan jumlah ayunan dan nilai periode per ayunan, sedangkan praktikan menghitung nilai percepatan gravitasi dengan manual.

BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Gerak Harmonis Sederhana (Bandul Matematis)

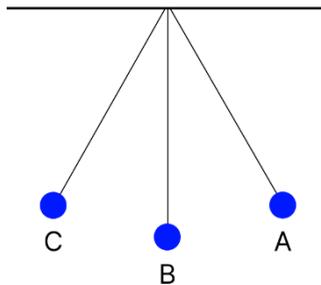
Gerak ini merupakan peristiwa sebuah sistem yang memiliki gaya pemulih yang berbanding lurus dengan negatif perpindahannya. Gerak ini bisa sederhana ketika terjadi secara sinusoidal dengan frekuensi tunggal. Fenomena tersebut terjadi apabila tidak ada gesekan atau gaya lain yang bekerja atau mengenai sistem. (Giancoli, 2001).

Bandul terdiri dari tali yang massanya dianggap tidak ada dan sebuah beban yang diikat pada ujung tali dan berayun secara bebas dan periodik (Abdullah, 2016). Prinsip ini dalam dunia fisika ditemukan pada tahun 1602 Masehi oleh Galileo Galilei, bahwa periode yang terjadi selama satu ayunan (T) dipengaruhi oleh panjang tali dan percepatan gravitasi. Periode ayunan sebuah bandul matematis ditentukan oleh panjang tali bandul, kekuatan gravitasi dan amplitudo atau lebar ayunan (Serway et al., 2014). Bandul matematis telah digunakan untuk menghitung nilai gravitasi mutlak di suatu tempat pada permukaan bumi (Walker et al., 2011).

Karakteristik dari bandul matematis sederhana adalah simpangan ayunan yang kecil, apabila simpangan yang terjadi besar, gaya yang memberi efek pada beban atau benda tidak

akan berbanding lurus dengan simpangan. Gaya yang bekerja pada suatu benda akan berbanding lurus simpangan ketika simpangannya kecil (Abdullah, 2016).

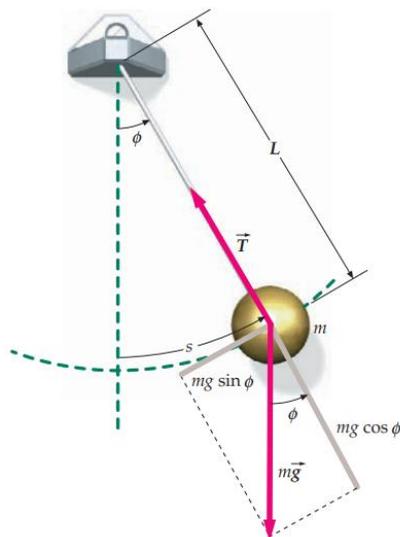
Beban yang digantung pada ayunan akan berada pada titik keseimbangan awal B ketika tidak ada gaya yang diberikan pada beban tersebut. Apabila suatu beban diberikan gaya dengan cara ditarik menuju ke titik A dan kemudian dilepaskan, maka beban akan berayun menuju titik A kemudian titik C dan setelah itu akan kembali ke titik A, sampai gaya yang diberikan telah habis maka beban akan kembali ke titik awal B. Beban akan berayun periodik atau gerak harmonis sederhana. Ilustrasi beban yang berayun dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Simulasi gerak ayunan pada bandul matematis

Bandul atau ayunan matematis tidaklah sepenuhnya harmonis, dikarenakan berapapun lama terjadinya osilasi, pada akhirnya akan berhenti pada titik awal karena udara

memberikan gaya gesek terhadap bandul yang menghambat ayunan. Supaya osilasi yang dihasilkan bisa mendekati harmonis, benang yang digunakan untuk menggantung beban harus lebih kecil daripada berat beban bandul, dan menggunakan sudut simpangan yang tidak terlalu besar (Suciarahmat et al., 2015). Besarnya nilai percepatan gravitasi dapat dilihat pada persamaan 2.2. Sedangkan nilai untuk periode ayunan dapat dilihat pada persamaan 2.1.



Gambar 2. 2 Bandul Matematis

(Tipler et al., 2007)

Bandul sederhana atau bandul matematis ditunjukkan pada Gambar 2.2 dengan tali panjangnya L dan bandul yang digunakan memiliki massa m dengan gaya berat yang arahnya kebawah $m\vec{g}$ dan gaya pemulih $m\vec{g} \sin \phi$. Untuk gaya pemulih

yang berkerja pada bandul sederhana terlihat pada Persamaan 2.1.

$$F_p = -m g \sin \phi \quad (2.1)$$

Menggunakan komponen tangensial Hukum Kedua Newton ($\Sigma F = m \cdot a$), terlihat pada Persamaan 2.2.

$$-m g \sin \phi = m \frac{d^2 s}{dt^2} \quad (2.2)$$

Dimana panjang busur berhubungan dengan sudut ϕ dengan $s = l \cdot \phi$, maka

$$-g \sin \phi = l \frac{d^2 \phi}{dt^2} \quad (2.3)$$

$$-g \sin \phi = l (-\omega^2 \phi) \quad (2.4)$$

Dimana sudut ϕ kecil, maka bisa menggunakan aproksimasi sudut kecil $\sin \phi \approx \phi$

$$-\frac{g\phi}{l} = \omega^2 \phi \quad (2.5)$$

$$\omega^2 = \frac{g}{l}, \omega = \frac{\sqrt{g}}{l} \quad (2.6)$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (2.7)$$

atau

$$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2} \quad (2.8)$$

dengan :

T = Periode (s)

g = Gravitasi (m/s^2)

l = Panjang tali (m)

ω = Kecepatan sudut

(Tipler et al., 2007)

Gravitasi adalah percepatan yang terjadi pada bumi yang menghasilkan benda jatuh dengan bebas. Sebuah benda mengalami percepatan gravitasi disebabkan oleh gaya tarik bumi yang mempengaruhi berat dari benda tersebut. Sebagaimana telah dijelaskan oleh Allah yang telah bersabda dalam ayatnya Q.S. Al-Baqarah/2:74 yang berbunyi :

ثُمَّ قَسَتْ قُلُوبُكُمْ مِنْ ۙ بَعْدِ ذَلِكَ فَهِيَ كَالْحِجَارَةِ أَوْ أَشَدَّ قَسْوَةً ۚ وَإِنَّ مِنَ الْحِجَارَةِ لَمَا يَتَفَجَّرُ مِنْهُ الْأَنْهَارُ ۚ وَإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَتَّسِقُ فَيَخْرُجُ مِنْهُ الْمَاءُ ۚ وَإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَهْبِطُ مِنْ خَشْيَةِ اللَّهِ ۚ وَمَا اللَّهُ بِغَافِلٍ عَمَّا تَعْمَلُونَ ۙ ٧٤

Artinya : “Kemudian setelah itu hatimu menjadi keras sehingga (hatimu) seperti batu, bahkan lebih keras. Padahal, dari batu-batu itu pasti ada sungai-sungai yang (airnya) memancar daripadanya. Ada pula yang terbelah lalu keluarlah mata air darinya. Dan ada pula yang meluncur jatuh karena takut kepada Allah. Dan Allah tidaklah lengah terhadap apa yang kamu kerjakan” (QS. Al-Baqarah/2:74).

Menurut (Syihab, 2012) kalimat *وَإِنَّ مِنْهَا لَمَا يَهْبِطُ مِنْ خَشْيَةِ اللَّهِ* (Sungguh ada di antara batu yang meluncur jatuh karena takut kepada Allah) mengindikasikan bahwa ada sebuah batu yang meluncur atau jatuh dari ketinggian jatuh ke bawah. Fenomena

tersebut mengindikasikan bahwa ada hukum Allah yang terjadi pada batu itu. Isyarat eksistensi gravitasi bumi pada QS. Al-Baqarah ayat 74 pada lafal وَإِنَّ مِنْهَا لَمَّا يَلْهَيْطُ مِنْ خَشْيَةِ اللَّهِ (dan ada pula yang meluncur jatuh karena takut kepada Allah). Kata يَلْهَيْطُ mengisyaratkan bahwa sebuah benda jatuh dari suatu ketinggian ke permukaan bumi yaitu batu, yang meluncur dari ketinggian jatuh ke bawah menandakan Allah telah menetapkan hukum alam terhadap segala sesuatu yang terdapat di bumi, terkenal luas dengan gaya gravitasi (Sabry et al., 2019).

Terdapat beberapa faktor yang mengakibatkan perbedaan percepatan gravitasi pada tempat-tempat di bumi. Pertama, bentuk bumi yang tidak sepenuhnya bulat, dikarenakan salah satu hal yang mempengaruhi percepatan gravitasi adalah jarak dari pusat bumi dan jaraknya dari permukaan bumi. Kedua, karena terdapat perbedaan kepadatan massa bumi yang berbeda-beda. Setiap tempat di permukaan bumi memiliki percepatan gravitasi yang berbeda. Lokasi di sekitar khatulistiwa memiliki percepatan gravitasi sebesar $9,78 \text{ m/s}^2$, sedangkan di sekitar kutub percepatan gravitasinya sebesar $9,83 \text{ m/s}^2$ (Artawan, 2013). Bumi dengan bentuknya yang tidak sepenuhnya bulat menyebabkan terjadinya gaya sentrifugal yang lebih besar di daerah sekitar garis khatulistiwa, hal ini terjadi dikarenakan jarak daerah di

sekitar garis khatulistiwa lebih jauh ke pusat bumi (Giancoli, 2014).

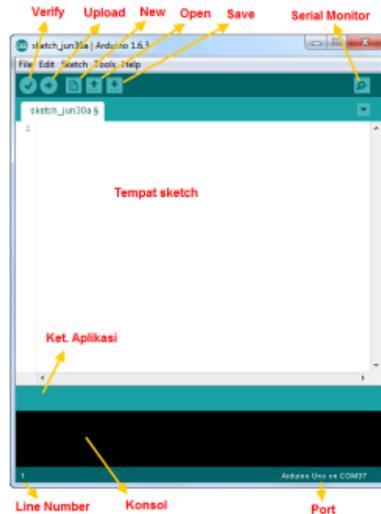
2. Internet of Things

Internet of Things bisa dimaknai sebagai menggunakan jaringan internet untuk menjadi asisten dalam segala aktifitas dalam keseharian penggunaanya (Sulaiman et al., 2017). *Internet of Things* sendiri merupakan satu dari sekian banyaknya pengaplikasian internet sebagai infrastruktur digital dan jaringan global yang dapat diakses secara fleksibel. Teknologi IoT memiliki kemampuan membuat benda fisik maupun virtual menjadi saling terhubung dengan mendapatkan data dan berkomunikasi dengan sensor (Kusumaningrum et al., 2017).

Teknologi ini muncul dari hasrat dan pemikiran terhadap segala benda dapat saling terkoneksi dan berhubungan dengan memanfaatkan jaringan internet sebagai penghubung. Sebagai contohnya, pemberian makan ikan hias dalam akuarium yang bisa kita tentukan kapan pemberian makanannya dengan cara otomatis dalam interval waktu tertentu atau secara manual dengan memanfaatkan teknologi *video streaming* untuk mengetahui keadaan makanan dalam akuarium. Pada dasarnya, pemanfaatan teknologi *Internet of Things* terdiri dari sensor yang berfungsi sebagai media untuk mengumpulkan data, konektivitas internet sebagai media

komunikasi, dan server untuk mendapatkan lalu memproses data yang didapatkan oleh sensor (Y. Efendi, 2018).

3. Arduino IDE



Gambar 2. 3 Tampilan *Software* Arduino

(Santoso, 2015)

Perancangan sebuah *project* dengan menggunakan mikrokontroler sebagai basis project dan pengembangan sketsa dari suatu program tersebut membutuhkan software yang salah satunya adalah Arduino IDE. Software Arduino IDE sendiri bisa didapatkan dengan mengunduhnya di website resmi dengan nama yang sama, Arduino. Mikrokontroler arduino, mikrokontroler dengan basis *chip* ESP8266 dan ESP32 merupakan mikrokontroler yang bisa menggunakan software Arduino IDE sebagai software pengembangan dan

permogram, tentu masih banyak mikrokontroler yang mengaplikasikan teknologi IoT yang bisa diprogram menggunakan Arduino IDE. *Software* Arduino IDE diberdayakan untuk *create, open, edit and develop source code* yang memuat alur instruksi (algoritma) dan logika yang di-*upload* pada mikrokontroler (Santoso, 2015).

Berikut penjelasan dari setiap bagian dari gambar tampilan Arduino IDE yang terdapat pada Gambar 2.3 :

- a. *Verify* merupakan ikon tombol yang digunakan untuk memvalidasi sebuah sketsa apakah terdapat *error* pada kode yang dikerjakan. Jika tidak terdapat *error* pada kode-kode pada sketsa, maka proses *verify* atau *compile* telah sukses dan sketsa siap untuk diunggah ke mikrokontroler. Sketsa atau source code harus disimpan terlebih dahulu sebelum memulai proses *compile*.
- b. *Upload* merupakan ikon tombol untuk mengunggah sketsa yang sedang dikembangkan ke mikrokontroler. Terdapat perbedaan antara tombol *upload* dengan tombol *verify*, tombol *upload* dengan secara otomatis akan memverifikasi sebuah sketsa yang berisi *source code* yang sedang dikembangkan dan akan langsung diunggah ke mikrokontroler.
- c. *New Sketsa* digunakan untuk membuat file baru.

- d. *Open Sketsa* digunakan untuk membuka file sketsa yang telah dibuat dan disimpan sebelumnya.
- e. *Save Sketsa* berfungsi untuk menyimpan sketsa arduino pada komputer tanpa disertai dengan *verify*.
- f. *Serial Monitor* berfungsi untuk membuka tampilan komunikasi serial mikrokontroler.
- g. Keterangan aplikasi berisi pesan-pesan seperti *done compiling* jika sudah tidak terdapat error pada *sketsa* dan *done uploading* ketika berhasil mengunggah *sketsa* ke mikrokontroler.
- h. *Console* adalah tampilan pada software yang memuat keterangan sketsa ketika melakukan *upload* dan *verify*. Apabila terdapat error dalam *source code* pada sketsa yang sedang di-*verify*, akan muncul pada bagian ini.
- i. Baris sketsa adalah berfungsi menunjukkan baris pada kursor yang sedang aktif.
- j. Informasi *Port* adalah tampilan pada software yang menunjukkan port yang sedang digunakan oleh papan mikrokontroler untuk mengembangkan sketsa (Santoso, 2015).

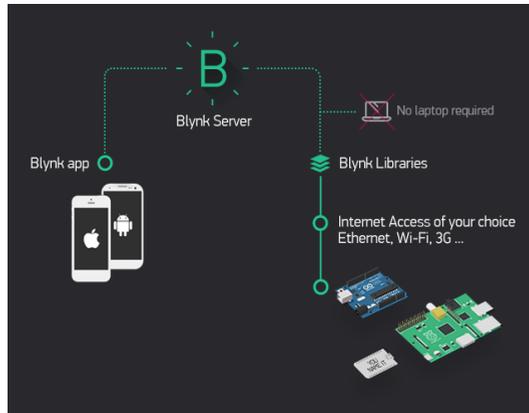
Bahasa pemrograman yang digunakan pada arduino adalah C yang dimodifikasi sebagai *C for Arduino*. Arduino IDE

dirancang menggunakan *JAVA Programming Language* yang telah dilengkapi dengan *library C/C++ (wiring)* supaya mempermudah proses *input/output*. Setiap mikrokontroler yang dapat diprogram dengan arduino IDE sudah dipasang *bootloader* sebagai penengah antara *compiler* mikrokontroler tersebut dengan software arduino IDE. Setiap sketsa yang dibuat dan design pada Arduino IDE menggunakan fungsi *setup* dan *loop* (Kadir, 2018).

- a. Fungsi *Setup* digunakan untuk inisiasi awal program dan dieksekusi sekali.
- b. Fungsi *Loop* berisi *script* yang nantinya akan dieksekusi berulang kali dan akan berhenti ketika mikrokontroler dimatikan (Kadir, 2018).

4. Blynk

Blynk adalah aplikasi pada sistem operasi *Mobile* (iOS dan Android) yang berfungsi sebagai platform untuk mengendalikan penggunaan modul mikrokontroler melalui internet. Aplikasi ini berfungsi membuat *interface* dengan menggunakan metode *drag and drop widget* untuk proyek yang akan diimplementasikan. Kita dapat memantau dan mengendalikan peralatan apapun dari jarak yang jauh dengan platform ini, kapanpun dan dimanapun kita berada, selama peralatan dan kita terkoneksi dengan internet yang stabil (Artiyasa et al., 2020).



Gambar 2. 4 Koneksi antara *device*, mikrokontroler, dan *Blynk Cloud Server* (Harir et al., 2019)

Dalam penggunaannya, *Blynk* memiliki kemampuan untuk membuat sebuah tampilan proyek yang ditopang dengan beragam pilihan widget *input* dan *output* yang berfungsi untuk mengirim data, maupun penerima data yang dapat ditampilkan dalam bentuk visual maupun grafik (Juwariyah et al., 2018).

Aplikasi *blynk* menjadi produk dari perkembangan teknologi dikarenakan penggunaannya yang mudah bagi pengguna untuk menampilkan data dan mengontrol *devices* (Aini et al., 2018). Tiga komponen utama dari *blynk* yaitu *blynk apps*, *blynk server*, dan *blynk library* seperti yang tertampil dalam Gambar 2.4.

Blynk Apps

Salah satu layanan untuk membuat sebuah proyek aplikasi dengan berbagai macam komponen *input* dan *output* yang mendukung pengiriman serta penerimaan data dari komponen yang dipilih (Harir et al., 2019).

Blynk Server

Penyedia dan developer aplikasi blynk menyediakan fasilitas server yang menggunakan *cloud* yang bersifat terbuka dan gratis untuk mengatur komunikasi antara aplikasi dan *hardware* (Harir et al., 2019).

Blynk Library

Layanan ini bertujuan untuk membantu pengembangan *source code* sehingga memudahkan dalam melakukan pengembangan IoT (Harir et al., 2019).

5. NodeMCU ESP8266



Gambar 2. 5 Perangkat mikrokontroler NodeMCU

(Techzeero, n.d.)

NodeMCU yang terdapat pada Gambar 2.5 adalah mikrokontroler dengan *chip* ESP8266 sebagai basisnya,

memiliki *WiFi built in* agar dapat terhubung dengan internet, menjadikannya sebagai salah satu pilihan untuk mengembangkan dan mengaplikasikan teknologi *Internet of Things* (Dewi et al., 2022). Mikrokontroler ESP8266 dapat mengolah data dan menyimpannya dengan baik, ini memungkinkan nodemcu untuk kemudian menggunakan pin GPIO pada NodeMCU sebagai sarana integrasi dengan sensor yang akan digunakan dan pengembangan yang tidak rumit serta kecepatan *loading* yang rendah (Hidayat et al., 2018). Spesifikasi nodemcu V3 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Dalam pengembangan program yang diimplementasikan pada prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis internet of things, program yang diupload pada nodemcu esp8266 diberi fungsi untuk menginput data *time lapse* atau waktu yang berlalu dan jumlah ayunan yang terjadi selama bandul berayun menggunakan fungsi *millis*. Fungsi tersebut mengembalikan jumlah *milliseconds* yang telah berlalu sejak nodemcu mulai menjalankan program saat ini. Data ini akan melampaui kapasitasnya dan kembali ke nol setelah sekitar 50 hari. Akan tetapi pada penelitian ini, fungsi *millis* akan kembali ke nol ketika sensor infrared fc-51 mendeteksi bandul yang berayun (Arduino, 2022).

Mikrokontroler ini bisa diprogram dan dikembangkan dengan software *Arduino IDE* dan dapat dikirimkan ke

NodeMCU menggunakan port USB pada papan NodeMCU. (Novelan et al., 2020) NodeMCU dikembangkan dari ESP8266 menggunakan *firmware* e-Lua.

Tabel 2. 1 Spesifikasi NodeMCU Lolin V3
(ETechnopiles, n.d.)

Parameter	Spesifikasi
Mikrokontroler	ESP8266 32 bit
Model NodeMCU	Lolin
Clock Speed	80 – 160 MHz
USB to Serial	CP2202
Konektor USB	Micro USB
Tegangan Operasi	3.3 V
Tegangan Input	4.5V ~ 10V
Memori Flash / SRAM	4 MB / 128 KB
Pin GPIO	17
Pin Digital I/O	11
Pin Analog	1
Pin PWM	4
Rentang ADC	0V ~ 3.3V
WiFi Built-In	802.11 b/g/n
Rentang Suhu Operasi	-40°C ~ 125°C
Dimensi NodeMCU	58 mm x 32 mm

Terdapat tombol *flash* dan *reset* pada *board* NodeMCU. NodeMCU menggunakan *Lua Programming Language* yang disediakan oleh ESP8266. Bahasa pemrograman ini mempunyai kesamaan dengan *C Programming Language* dalam logika dan susunan pemrogramannya, perbedaannya terdapat pada sintaks-sintaksnya saja. Pada *Lua programming language*, diperlukan *tool Lua loader* atau *Lua uploader*. Dalam menggunakan bahasa pemrograman Lua dan Arduino IDE

terdapat perbedaan, Arduino IDE memerlukan *firmware* dari Ai-thinker yang mendukung *AT Command*, sedangkan *tool Lua loader* menggunakan *firmware* NodeMCU (Ashari et al., 2018).

Sejak pertama kali dikembangkan sampai saat ini, terdapat tiga varian NodeMCU yang beredar luas, yaitu V1, V2, dan V3. Produsen yang memproduksi NodeMCU yang telah beredar saat ini yaitu Amica, DOIT, dan Lolin/Wemos. Chip yang digunakan pada setiap versi pengembangan nodeMCU bervariasi (Satriadi et al., 2019).

6. OLED



Gambar 2. 6 OLED 0,96 Inch
(Techtonics n.d.)

OLED (*Organic Light Emitting Diodes*) merupakan perangkat yang tersusun dari katoda, anoda, dan lapisan emisif dari bahan organik yang akan bercahaya ketika ada arus listrik yang mengalirinya. Keunggulan yang terdapat pada OLED

adalah tegangan yang digunakan pada *flat display* itu rendah (Khoerun et al., 2019).

Device OLED dengan ukuran 0,96 inci seperti yang terdapat pada Gambar 2.6 banyak dijadikan pilihan bagi para penggemar pengembang alat *Internet of Things* dan elektronik sebagai pilihan bagi *display* pada alat atau *project* mereka. Kelebihan yang dimiliki oleh perangkat ini ialah kontras piksel tinggi dan konsumsi dayanya yang rendah dikarenakan tidak diperlukan cahaya *backlight* pada pengoperasiannya. Kekurangan yang dimiliki oleh OLED adalah dimensi yang kecil dan hanya menggunakan *single color* (Firdausi, 2018). Berikut adalah bagian-bagian yang terdapat dalam OLED (Firdausi, 2018).

- a. Substrat, Terbuat dari plastik bening, kaca, foil yang dimanfaatkan menjadi tumpuan OLED.
- b. Anoda, Elektron yang terdapat saat arus mengalir melalui perangkat kemudian diambil oleh Anoda.
- c. Lapisan Konduktif, Terbuat dari molekul plastik organik yang memiliki kegunaan untuk mengambil *hole* dari anoda. Contoh material yang digunakan adalah *Polyaniline*.
- d. Lapisan Emisif, Lapisan emisif dibuat dari molekul plastik yang berbeda dengan yang menyusun lapisan konduktif dengan fungsi untuk mengangkut elektron dari Katoda. Pada lapisan ini, cahaya dihasilkan. Bahan

yang digunakan untuk membuat cahaya dihasilkan pada lapisan emisif ini. Salah satu bahan untuk menyusun lapisan emisif ini adalah *Polyfluorene*.

- e. Katoda, berfungsi untuk menyuntikkan elektron ketika arus listrik mengalir pada perangkat.

OLED dapat dibagi menjadi 2 macam berdasarkan tipe lapisan organiknya (Setyawan, 2017).

- a. Small Molecule (SMOLED)

SMOLED terbuat dari dua lapis lembaran tipis berbahan organik *hole transport layer*-HTL (lapisan-p LED) dan *electron transport layer*-ETL (lapisan-n LED) yang terletak diantara anoda dan katoda. Lapisan organik yang terdapat pada SMOLED memiliki ketebalan sekitar 500 Å pada masing-masing lapisan sebagai pengangkut muatan menuju penghubung diantara dua lapisan organik tersebut (Setyawan, 2017).

- b. Organic Polymer (PLED, LEP)

PLED mengandung lebih dari satu lapisan tipis semikonduktor organik yang terletak diantara dua elektroda dengan berbahan transparan pada salah satu elektrodanya (Setyawan, 2017).

Tabel 2. 2 Spesifikasi OLED 0,96 Inch
(Ramadhani, 2021)

Parameter	Spesifikasi
Chip Driver	SSD1306
Dimensi OLED	29,88 mm x 27,1 mm
Suhu Operasi	-30°C ~ 70°C
Tegangan Operasi	3 DCV ~ 5 DCV
Konsumsi Daya	0,06 Watt
Resolusi	128 x 64
SCL	2,2 Volt ~ 5,5 Volt
SDA	2,2 Volt ~ 5,5 Volt
Antarmuka	I2C
Arus DC 3,3 V	50 mA

7. IP Camera

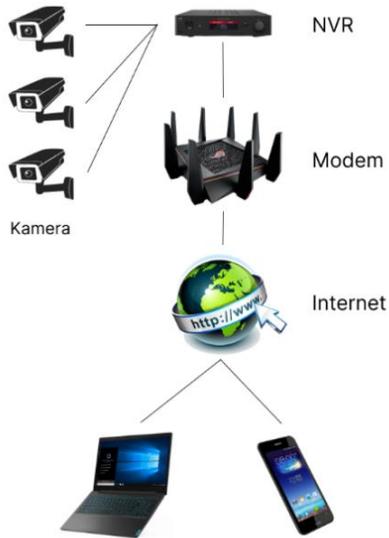
IP Camera adalah kamera dengan media pengiriman *Internet Protocol* yang dapat mengirimkan data gambar maupun video dan sinyal kendali *Fast Ethernet Link*. Beberapa *IP Camera* pada umumnya diletakkan bersama dengan perekam video digital (DVR) atau jaringan perekam video (NVR) menjadi sistem pengawasan (Lawa et al., 2012).

IP Camera merupakan produk hasil pengembangan dari CCTV analog dengan operasional yang sama serta lebih unggul dari CCTV analog. Kelebihan pada *IP Camera* terdapat pada hasil gambar dan video yang didapatkan karena telah menggunakan kamera dengan resolusi kamera yang tinggi. Terdapat perbedaan lainnya antara *IP Camera* dan CCTV analog, perbedaan itu terletak pada kabel yang digunakan.

Kabel yang digunakan pada *IP Camera* berjenis UTP, untuk CCTV analog kabel yang digunakan berjenis *coaxial*.

Kemampuan yang terdapat pada *IP Camera* adalah pengiriman data dan konversi video rekaman yang berupa *file digital* yang dapat diakses dengan jaringan internet yang menggunakan alamat IP (*IP Address*). Berkat kemampuan tersebut, pengguna bisa menggunakan *web browser* sebagai media akses kepada gambar dan video yang ditangkap oleh *IP Camera* (Pambudhi et al., 2017). *IP Camera* yang digunakan pada penelitian ini berjenis ESP32-Cam dengan merk EZVIZ seri C1HC yang ditunjukkan pada Gambar 2.8 dipilih karena harga yang terjangkau dan resolusi hasil tangkapan gambarnya juga bagus di rentang harga yang ditawarkan. ESP32-Cam dapat diakses menggunakan protokol RTSP. Spesifikasi IP Camera yang digunakan terdapat pada Tabel 2.3.

Real Time Streaming Protocol (RTSP) merupakan protokol untuk mengontrol pengiriman data seperti audio dan video secara *real time*. Protokol ini banyak digunakan industri pengembang teknologi terkhusus pada *streaming media*. Banyak *media player* pada perangkat smartphone dan PC yang sudah terintegrasi dengan protokol RTSP. Protokol RTSP menggunakan port default pada port 544 (Apriyani et al., 2020).



Gambar 2. 7 Sistem jaringan *IP Camera* pada berbagai perangkat



Gambar 2. 8 *IP Camera* EZVIZ C1HC

Tabel 2. 3 Spesifikasi Kamera EZVIZ C1HC

(Ezviz, n.d.)

Parameter	Spesifikasi
Model	CS-C1HC (1080P,H.265) E0-1E2WF
Lensa	2,8 mm 108° (diagonal), 91° (horizontal), 50° (vertikal)
Resolusi Maksimal	1920 x 1080
Frame Rate	Max 25 fps
Bitrate Maksimum	1 Mbps
Rentang Frekuensi	2,4 GHz ~ 2,4835 GHz
Kondisi Operasi	-10°C ~ 45°C (14°F ~ 113°F)
Power Supply	DC 5V / 1A
Bandwith Channel	20 MHz
Dimensi	53.89 x 53.89 x 90.3 mm

8. Relay

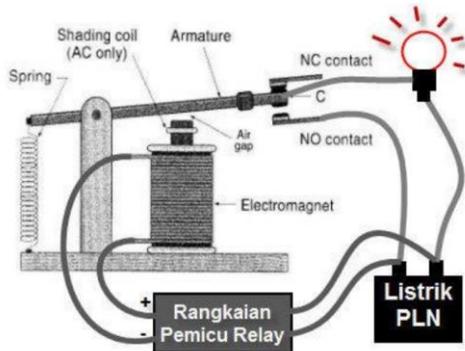


Gambar 2. 9 Modul komponen relay

(Al-Khairi, n.d.)

Relay adalah komponen yang dimanfaatkan menjadi terminal *on / off*. Banyak dimanfaatkan sebagai saklar otomatis

dengan menggunakan listrik bertegangan, terdapat dua komponen umum pada relay yaitu komponen yang terbuat dari kumparan (*coil*) dan komponen dengan fungsi mekanis *contact* (M. Y. Efendi et al., 2019). Modul relay yang digunakan memiliki keadaan fisik seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 10 Rangkaian Dasar Relay
(Satriadi et al., 2019)

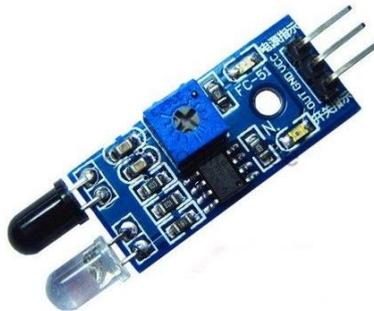
Kumparan pada modul relay dibuat dari gulungan kawat dengan cara kerja kawat tersebut dialiri arus listrik, sedangkan *contact* sebagai saklar yang menyala atau mati ketika kumparan yang teraliri arus listrik atau tidak. Gambar 2.10 memberi pemahaman lebih rinci tentang rangkaian dasar relay.

Terdapat dua jenis *contact* pada relay, *Normally Open (NO)* dan *Normally Close (NC)*. *Normally Open* merupakan keadaan relay yang terbuka sebelum diaktifkan atau dialiri tegangan listrik. Sedangkan *Normally Close* adalah ketika relay

berada dalam keadaan tertutup sebelum berada dalam keadaan dialiri tegangan listrik. Singkatnya, prinsip kerja relay adalah ketika kumparan mendapatkan atau dialiri tegangan listrik, maka akan terjadi gaya elektromagnetik sehingga armatur berpegas tertarik, lalu *contact* akan tertutup (Satriadi et al., 2019). Relay di penelitian ini dimanfaatkan untuk mengontrol sistem dan magnet elektromagnetik.

9. Sensor Infrared FC-51

Sensor Infrared fc-51 dengan penampilan pada Gambar 2.11 adalah komponen elektronik yang memiliki fungsi untuk mendeteksi keberadaan suatu benda. Sensor ini mendeteksi keberadaan benda disekitarnya tanpa menyentuhnya. Sensor ini memiliki terdiri dari *IR transmitter* dan *IR receiver* (Hendrawan et al., 2020). Sensor infrared fc-51 memiliki skematik sensor yang terdapat pada Gambar 2.12 dan visualisasi cara kerjanya pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 11 Sensor Infrared FC-51

Selain untuk mendeteksi keberadaan benda disekitarnya, fungsi dari sensor ini yaitu :

- 1) Mendeteksi suatu objek.
- 2) Mengukur dimensi suatu objek.
- 3) Menghitung banyaknya objek.
- 4) Mendeteksi simbol.
- 5) Pemeriksaan objek.
- 6) Pendeteksian warna.

(Hendrawan et al., 2020)

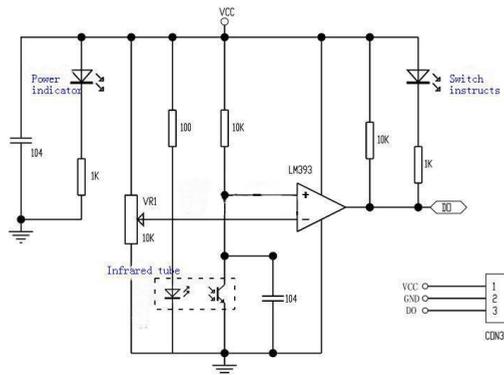
Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor Infrared fc-51

(Artofcircuits, n.d.)

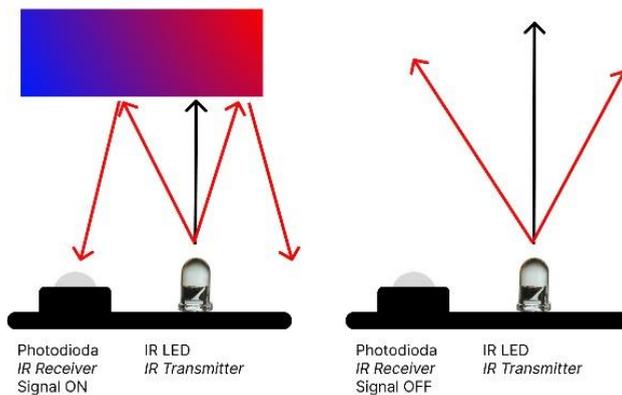
Parameter	Spesifikasi
Sudut Deteksi	Adjustable $\sim 35^\circ$
Tegangan Operasi / Kerja	3 – 6 Volt
Jarak Deteksi	2 cm – 30 cm
Ukuran PCB	3.1 cm x 1.4 cm
Dimensi Keseluruhan	4,5 cm x 1,4 cm x 0,7 cm
Keadaan Output Aktif	Output menjadi LOW ketika mendeteksi suatu benda
Keadaan Output tidak aktif	Output bernilai HIGH ketika tidak ada benda yang terdeteksi
Arus Operasi / Kerja	~ 23 mA (dalam tegangan 3.3V) dan ~ 43 mA (dalam tegangan 5V)
Sensor Komparator	LM358

Cara kerja dari sensor infrared fc-51 adalah ketika cahaya dari sensor *proximity* mengenai suatu benda, cahaya tersebut akan memantul kembali ke sensor dan diterima oleh *phototransistor* yang akan membuat saturasi menyala (on) sehingga tegangan output mendekati 0 volt.

Apabila tidak ada pantulan cahaya yang diterima oleh *phototransistor*, maka basis *phototransistor* tidak akan mendapatkan arus bias sehingga akan berada pada keadaan *cut-off*, maka tegangan output sama dengan tegangan induk (VCC) (Hendrawan et al., 2020).



Gambar 2. 12 Skematik Sensor Infrared FC-51
(Nunzio et al., 2016)



Gambar 2. 13 Cara Kerja Sensor Infrared FC-51

Singkatnya, fungsi dari *IR transmitter* menembakkan radiasi infrared kepada suatu objek. Sedangkan *IR receiver* berfungsi untuk menerima dan mendeteksi radiasi yang dipantulkan dari suatu objek (Hendrawan et al., 2020).

10. Magnet Elektromagnet



Gambar 2. 14 Magnet Elektromagnet

Michael Faraday membuktikan hipotesisnya pada tahun 1831 setelah berkuat selama 10 tahun melalui sebuah eksperimen yang dinamakan Eksperimen Faraday. Eksperimen tersebut menghasilkan hipotesis bahwa magnet menyebabkan terjadinya penyimpangan pada galvanometer ketika magnet tersebut dalam keadaan bergerak. Faraday berpendapat bahwa arus listrik dapat diinduksikan dalam sebuah rangkaian oleh medan magnet yang keadaannya tidak tetap (Serway et al., 2014). Inti dari hukum Faraday tentang induksi elektromagnetik adalah fluks magnetik yang berubah-ubah yang terjadi dalam kumparan (*coil*). Fluks magnetik bisa

diubah dengan berbagai cara. GGL akan diinduksi dalam rangkaian dengan besar laju perubahan fluks magnetiknya yang sama.

Dapat disimpulkan ada beberapa cara untuk membangkitkan dan mengubah-ubah GGL induksi, dapat dilakukan dengan :

- 1) Menggerakkan magnet keluar-masuk kumparan.
- 2) Menggerakkan magnet di sekitar kumparan.
- 3) Mengubah medan magnet dengan menaikkan atau menurunkan arus dalam kumparan.
- 4) Menggerakkan kumparan di sekitar sumber fluks.

(Giancoli, 2014)

Penelitian yang memanfaatkan penggunaan elektromagnet juga pernah dilakukan oleh Rike Fitriani dan Nina Paramytha (2019), penelitian ini bertujuan menghasilkan robot untuk membantu membersihkan logam dari permukaan lantai dengan memanfaatkan elektromagnet untuk menarik logam tersebut (Fitriani et al., 2019).

11. Metode Penelitian RnD

Metode penelitian dan pengembangan yang juga disebut metode penelitian *Research and Development* (RnD), merupakan suatu pendekatan penelitian yang bertujuan untuk menciptakan sebuah produk dan menguji efektivitasnya (Sugiyono, 2015). Selain digunakan untuk mengembangkan

dan menguji produk, penelitian ini juga bertujuan untuk menemukan fenomena-fenomena dasar yang muncul melalui penelitian murni serta menerapkan prinsip-prinsip Pendidikan dalam penelitian praktis (Rustandi et al., 2020).

Ada banyak model penelitian dalam metode penelitian *Research and Development*, termasuk salah satunya adalah model PPE (Perencanaan, Produksi, Evaluasi). Untuk penelitian ini, model penelitian PPE akan digunakan. Sesuai dengan namanya, model penelitian PPE terdiri dari tiga tahapan yaitu perencanaan, produkai, dan evaluasi (Rustandi et al., 2020).

Di tahap perencanaan ini, akan dilakukan analisis kebutuhan yang digunakan untuk penelitian ini, salah satunya melalui studi literatur. Setelah itu, peneliti dapat melanjutkan ke tahap produksi dengan merancang dan menerapkan produk yang akan dibuat. Tahap terakhir adalah evaluasi, di mana akan dilakukan analisis dan pembuatan laporan berdasarkan hasil pengujian dan penilaian kelayakan produk (Rustandi et al., 2020).

B. Kajian Penelitian Yang Relevan

Beberapa penelitian yang relevan dan bisa menjadi rujukan untuk penelitian ini adalah :

1. Penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Hifdzhil Farazdaq pada tahun 2020. Penelitian ini bermaksud untuk melakukan pengembangan alat

eksperimen bandul matematis berbasis Arduino. Alat ini memiliki fungsi untuk menampilkan data yang terdiri dari frekuensi, periode, dan grafik getaran. Persamaan dengan penelitian yang akan peneliti lakukan adalah mengukur periode waktu ayunan bandul. Tentu terdapat perbedaan dalam penelitian yang akan peneliti lakukan, yaitu pada penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Hifdzhil Farazdaq masih menggunakan pengayunan beban secara manual oleh peneliti, begitu juga untuk mengatur ulang pengukuran. Perbedaan selanjutnya adalah praktikan masih harus hadir di laboratorium untuk menjalankan alat eksperimen ini. Sedangkan peneliti akan memanfaatkan teknologi Internet of Things untuk mengendalikan alat eksperimen hasil pengembangan dari manapun, serta dapat mengamati berjalannya eksperimen bandul matematis dengan alat yang telah dikembangkan.

2. Penelitian kedua dilakukan oleh Muhammad Nurkholis Ramadhani (2021). Dilatarbelakangi oleh dua permasalahan yaitu dibutuhkannya ketelitian yang tinggi dapat melakukan pengukuran dan pengambilan data ketika melaksanakan praktikum,

serta sedang terjadi wabah pandemi COVID-19 yang mengharuskan praktikan melaksanakan praktikum dan pengambilan data di Laboratorium Fisika dari kediaman masing-masing praktikan dikarenakan pemerintah menginstruksikan kepada semua masyarakat Indonesia untuk mengurangi kegiatan di luar rumah atau dalam kata lain *social distancing* untuk mengurangi penyebaran virus COVID-19. Persamaan antara penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti memiliki persamaan dalam prinsip pengerjaan rangkaian nodemcu, relay, OLED, dan IP Camera serta pengaturan blynk sebagai aplikasi yang dapat dimanfaatkan untuk mengontrol prototipe alat yang telah dikembangkan.

3. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Azizahwati (2021). Penelitian ini dilatarbelakangi karena pemahaman siswa tentang konsep pendulum sederhana tidak optimal dikarenakan beberapa masalah. Keterbatasan alat bantu pengajaran menyebabkan banyak kesulitan dalam belajar. Penggunaan alat secara manual memungkinkan kesalahan dalam pengumpulan data dan membutuhkan waktu yang lama. Prosedur eksperimen secara manual biasanya menggunakan stopwatch, penggaris, dll., yang mana tidak efektif

karena kurang akurat. Pada penelitian ini, sensor infrared memancarkan cahaya Infra merah dan menangkap kembali pantulanya, sehingga merubah nilai logika pada keluaran sensor. Lalu data analognya dikirim ke Arduino Uno untuk diproses. Kemudian data yang berupa jumlah ayunan, waktu, frekuensi, dan periode akan terlihat di LCD. Persamaan antara penelitian ini dan penelitian yang sedang peneliti laksanakan adalah sama-sama menggunakan sensor infrared. Sedangkan perbedaan antara penelitian ini dengan yang sedang peneliti laksanakan terdapat pada mikrokontroler yang digunakan untuk memproses data. Penelitian ini menggunakan Arduino Uno sebagai pengolah data, sedangkan pada penelitian yang sedang peneliti laksanakan memanfaatkan Nodemcu sebagai pengolah data. Perbedaan selanjutnya, penelitian ini menggunakan LCD sebagai media untuk memperlihatkan pengukuran waktu, periode, jumlah ayunan, dan frekuensi, sedangkan peneliti menggunakan OLED dan aplikasi Blynk untuk media penampil data pengukuran yang berupa periode per ayunan dan jumlah ayunan.

4. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Wahyu Adi Prayitno dkk. (2017). Penelitian ini dilatarbelakangi oleh perawatan hidroponik yang harus diperhatikan secara kontinyu untuk memastikan sirkulasi atau penyiraman air nutrisi tersebut diberikan sesuai waktunya dalam jumlah yang cukup. Keberadaan orang yang merawat tanaman hidroponik yang terkadang tidak bisa selalu memantau kondisinya merupakan sebab dilaksanakannya penelitian ini. Blynk disini berfungsi untuk memantau suhu dan kelembaban di sekitar tanaman yang telah diukur menggunakan sensor DHT11. Sedangkan relay berfungsi sebagai saklar *on/off* pada pompa air yang akan mengairi tanaman hidroponik dalam selang waktu yang telah ditentukan. Sedangkan untuk penyiraman secara manual dilaksanakan pada keadaan tertentu seperti pada saat suhu dan atau cuaca yang tidak normal. . Persamaan dengan penelitian yang sedang dilaksanakan oleh peneliti adalah penggunaan aplikasi blynk dan relay. Perbedaannya adalah aplikasi blynk digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban, sedangkan pada penelitian yang sedang dikerjakan oleh peneliti digunakan untuk mengontrol magnet elektronik, serta sebagai

memantau hasil pengukuran data dari rancang bangun ayunan matematis yang tengah diteliti.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

1. Waktu

Waktu penelitian, pengujian, dan analisis secara umum dilaksanakan pada Februari – Juni 2023.

2. Tempat

Lokasi penelitian berada di Integrated Laboratory Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo.

B. Alat dan Bahan Penelitian

Penyusunan dan pembuatan penelitian ini membutuhkan alat, bahan, dan komponen elektronika yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2.

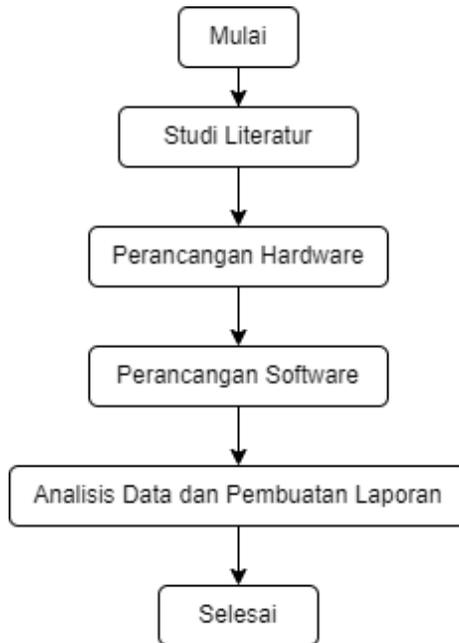
C. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development (RnD)*, dengan model penelitian *Planning, Production, and Evaluation (PPE)* berikut metodologi penelitiannya :

1. Studi Literatur

Tahapan penelitian ini dilaksanakan dengan mencari referensi yang berhubungan dengan penelitian ini. Referensi ini bertujuan sebagai dasar pijakan awal dalam penelitian ini

supaya dalam pengembangan, perancangan dan pelaksanaan penelitian ini sesuai dengan yang diharapkan.



Gambar 3. 1 *Flowchart* pelaksanaan metodologi penelitian

2. Perancangan Alat

Pada tahapan ini, dilaksanakan perancangan perangkat keras yang meliputi alat dan bahan, desain alat percobaan bandul matematis, rancangan alat dan alur operasional komponen elektronik yang digunakan, serta rangkaian elektroniknya.

Tabel 3. 1 Daftar Alat dan Bahan

No	Alat	Spesifikasi	Keterangan
1	Obeng	+ dan -	
2	Solder		Memasang komponen pada PCB
3	Aplikasi Blynk		Memantau dan mengontrol alat
4	Arduino IDE		Memprogram kode yang akan diupload pada alat
5	Box Plastik		Tempat pengemasan komponen
6	Kabel Jumper		Menghubungkan mikrokontroler dengan komponen
7	Kabel USB		Sebagai jalur koneksi data untuk upload kode program pada mikrokontroler
8	Adaptor Power	Output 3,5-5DCV	Catu daya alat
9	Beban	50 gram	Besi berbentuk bulat

Tabel 3. 2 Daftar Komponen

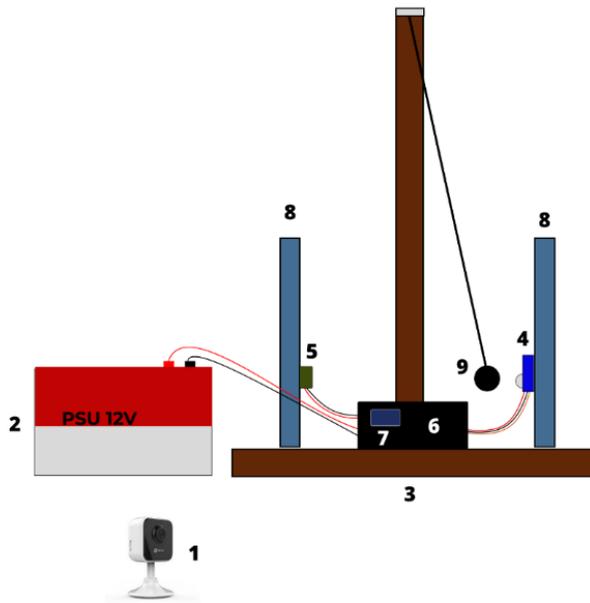
No	Komponen	Spesifikasi	Keterangan
1	NodeMCU	Lolin	Mikrokontroler
2	Relay	Tongling JQF-3FF-S-Z	Saklar untuk magnet elektromagnetik
3	Sensor Infrared FC-51	-	Untuk mengukur waktu ayunan
4	ESP Holder Magnet Elektrik P20	-	Untuk menarik beban sebelum dan sesudah diayunkan
5	OLED 0,96 Inch I2C		Menampilkan data simpangan secara berkala yang didapat dari sensor infrared FC-51

3. Analisis Data dan Pembuatan Laporan

Tahap terakhir adalah melaksanakan *unit testing* pada komponen inti yaitu sensor infrared dan *upload* data dari mikrokontroler menuju aplikasi. Pengujian ini sebisa mungkin harus dilaksanakan dengan sebaik dan setepat mungkin karena akan mempengaruhi ketelitian dan keberhasilan dari rancang bangun bandul matematis ini. Setelah mendapatkan data hasil pengujian, data yang didapatkan kemudian diolah dan membuat kesimpulan.

D. Desain Alat dan Aplikasi

1. Desain Alat



Gambar 3. 2 Alat Bandul Matematis Berbasis IoT

Desain pembuatan rancang bangun prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot dapat dilihat pada Gambar 3.2. Penjelasan dari detail alat dijabarkan berikut ini :

1. *IP Camera* untuk memantau berjalannya percobaan alat bandul matematis secara *live streaming*.
2. PSU sebagai suplai tegangan untuk elektromagnet
3. Alas statis bandul matematis yang terbuat dari kayu sebagai tempat menempatkan box alat dan ayunan matematis. Material kayu dipilih karena dari segi biaya yang terjangkau, juga mudah untuk memodifikasi bentuk dan dimensi untuk alas.
4. Sensor infrared fc-51 yang berada di tiang statif, digunakan peneliti untuk mendeteksi setiap ayunan dari beban ayunan dengan jarak dari 1 sampai 2 cm.
5. Elektromagnet untuk menarik beban ayunan.
6. Box sebagai tempat rangkaian alat bandul matematis berbasis iot.
7. OLED 0,96 inci untuk menunjukkan jumlah osilasi dan periode per-osilasi.
8. Kiri ke kanan sebagai tiang untuk elektromagnet dan untuk sensor infrared FC-51.

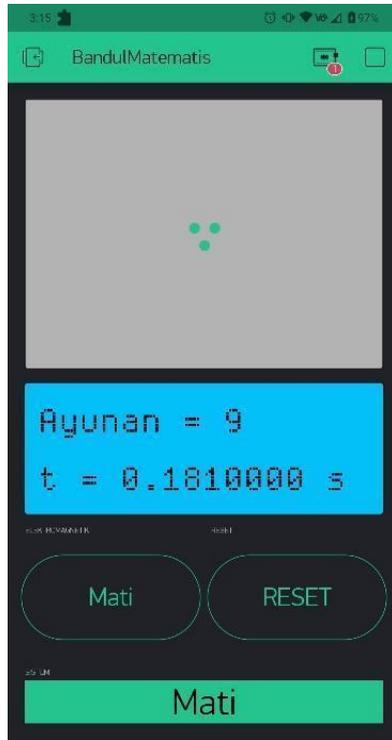
Rancang bangun alat praktikum bandul matematis berbasis iot ini memiliki cara kerja yaitu :

1. Magnet menarik beban bandul besi bulat hingga menempel pada magnet.

2. Magnet dimatikan
3. Beban bandul besi bulat akan terlepas dari elektromagnet, hal ini mengakibatkan bandul berosilasi.
4. Sensor infrared fc-51 akan mengirimkan input *LOW* menuju mikrokontroler nodemcu esp8266 pada saat beban berada di depan sensor infrared fc-51 dalam jarak sekitar 2 cm yang kemudian akan mencatat waktu ayunan bandul, kemudian mikrokontroler menghitung kembali nilai t dari 0.

2. Desain Aplikasi

Blynk adalah aplikasi penyedia layanan *Internet of Things* yang bisa diunduh pada perangkat Android maupun IOS. Cara menggunakan aplikasi ini relatif mudah bagi pemula. Setelah aplikasi terunduh dan terinstall pada perangkat smartphone, kemudian lakukan registrasi akun *Blynk* menggunakan akun *email*. Setelah melakukan registrasi, langkah selanjutnya adalah membuka *new project* dan akan mendapatkan token autentikasi yang terkirim pada *e-mail* yang digunakan ketika registrasi akun. Token ini digunakan untuk autentikasi smartphone dengan server IoT Serangkota. Berikut desain aplikasi *blynk* untuk rancang bangun bandul matematis pada Gambar 3.3.

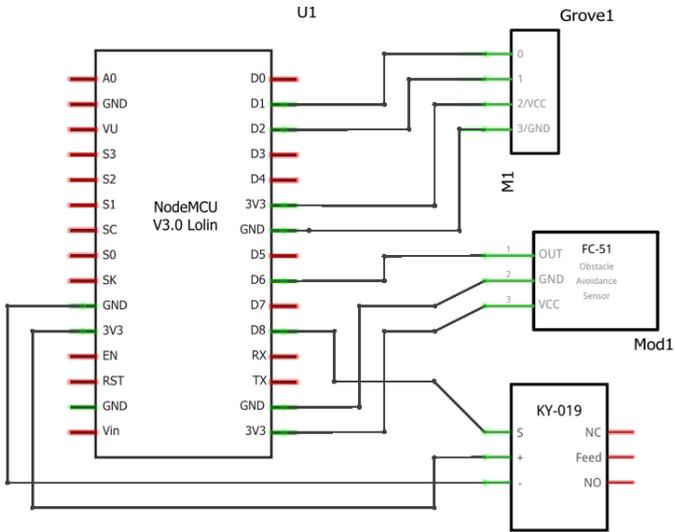


Gambar 3. 3 Aplikasi *Blynk*

E. Perancangan Alat Keras

Perancangan bandul matematis berbasis iot dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah untuk menarik dan melepaskan beban ayunan yang terbuat dari metal atau timbal dengan menggunakan magnet elektromagnet, dan juga untuk sensor pendeteksi ayunan bandul dengan menggunakan sensor infrared fc-51. Input daya magnet dihubungkan kepada relay yang terkoneksi pada nodeMCU pada keadaan *normally open*, pin input relay terkoneksi pada pin D5 nodeMCU.

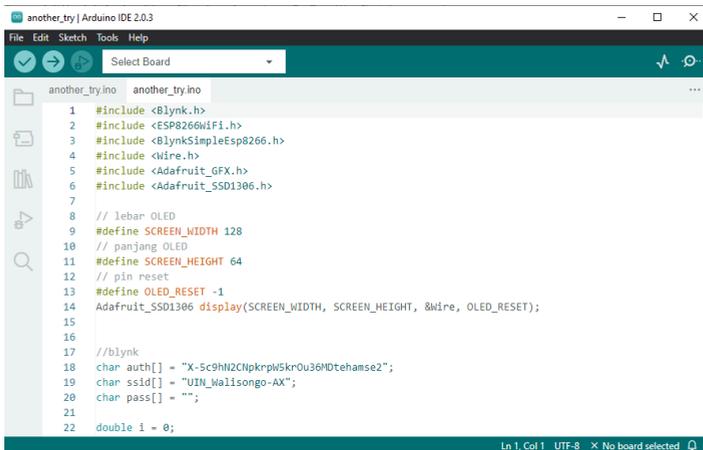
Sedangkan untuk sensor infrared FC-51, pin output FC-51 dihubungkan dengan pin D6. Lebih detail tentang konfigurasi pin terdapat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Perancangan Perangkat Keras

Tahap kedua adalah pemantauan operasional alat bandul matematis berbasis iot menggunakan *IP Camera*. *IP Camera* yang digunakan adalah EZVIZ C1HC yang menggunakan metode RTSP supaya tangkapan gambar dan video dari kamera bisa dipantau melalui media player dan aplikasi blynk.

F. Perancangan Alat Lunak



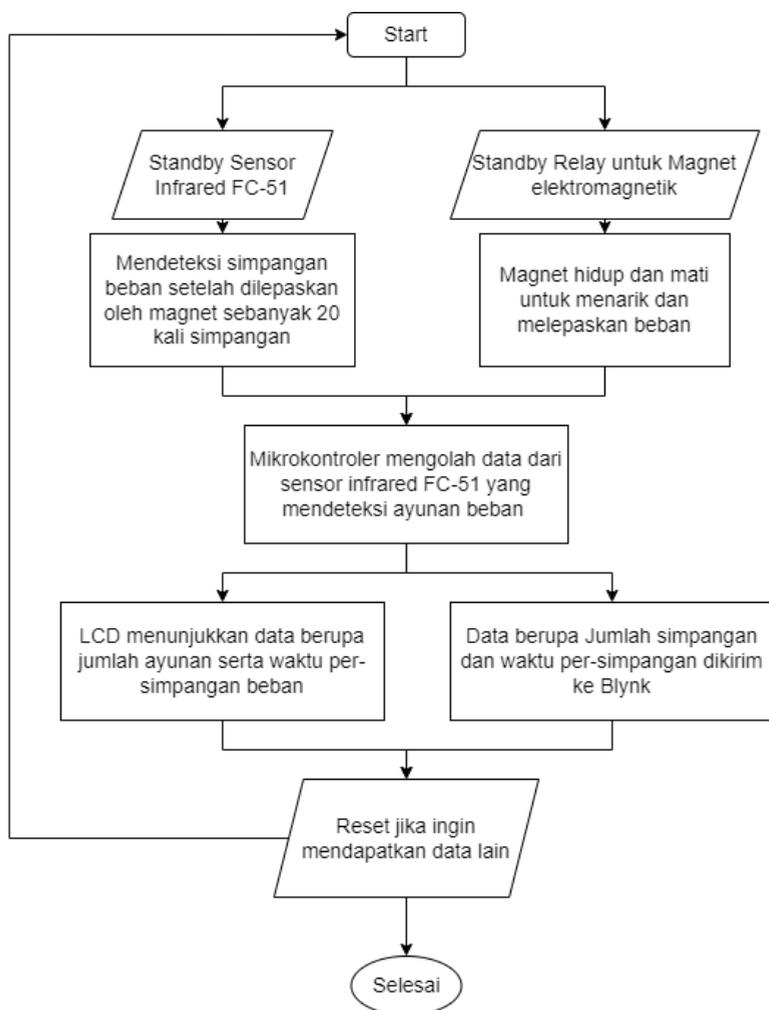
```

1  #include <Blynk.h>
2  #include <ESP8266WiFi.h>
3  #include <BlynkSimpleEsp8266.h>
4  #include <Wire.h>
5  #include <Adafruit_GFX.h>
6  #include <Adafruit_SSD1306.h>
7
8  // lebar OLED
9  #define SCREEN_WIDTH 128
10 // panjang OLED
11 #define SCREEN_HEIGHT 64
12 // pin reset
13 #define OLED_RESET -1
14 Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
15
16
17 //blynk
18 char auth[] = "X-5c9hM2CNpkrpW5KrOu36HDtehame2";
19 char ssid[] = "UIN_Wallisongo-AX";
20 char pass[] = "";
21
22 double i = 0;

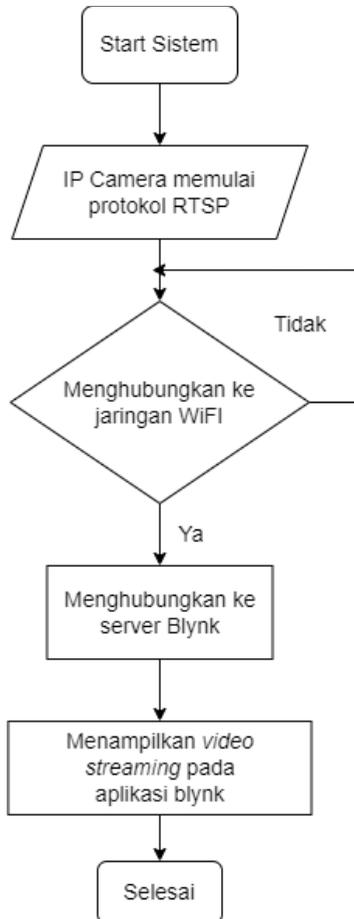
```

Gambar 3. 5 Tampilan *software* Arduino IDE

Software yang dimanfaatkan untuk melakukan pembuatan program adalah *Arduino IDE* seperti yang terdapat pada Gambar 3.5. Penggunaan software ini dipilih karena menggunakan *C programming language* yang masih relatif mudah dipahami bagi pemula dan karena software ini merupakan software *open source* alias gratis. Pada penelitian ini, data yang akan didapatkan yaitu data jumlah ayunan (n), data periode ayunan (t). Peneliti akan membagi dua *flowchart*, yaitu *flowchart* untuk rancang bangun prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot yang terdapat pada Gambar 3.6 dan *flowchart* untuk *IP Camera* yang terdapat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.6 *Flowchart software* dari bandul matematis berbasis IoT



Gambar 3.7 *Flowchart* IP Camera

G. Metode Pengujian

1. Pengujian Sensor Infrared FC-51

Pengujian sensor infrared FC-51 dibagi menjadi dua tahap pengujian. Tahap pertama adalah pengujian karakteristik guna mengetahui karakteristik sensor infrared

FC-51 yang dibandingkan dengan *datasheet*. Pengujian tahap kedua adalah kalibrasi sensor infrared fc-51 agar data yang dihasilkan sesuai, kalibrasi ini berdasarkan *datasheet* dan hasil pengukurannya dibandingkan dengan mistar dan uji halangan.

2. Pengujian Modul Relay

Pengujian modul relay dilaksanakan supaya bisa memahami kinerja relay berfungsi dengan semestinya atau tidak. Relay digunakan untuk saklar *on / off* sistem dan elektromagnet.

3. Pengujian Komunikasi Data

Pengujian ini dilaksanakan untuk mengetahui apakah menggunakan *custom server* dapat mengirim data ke blynk dengan baik. Terdapat dua tahap pengujian komunikasi data pada penelitian ini. Tahap pertama adalah pengujian dengan kondisi pengirim dan penerima data berada dalam satu tempat secara langsung tanpa ada halangan seperti tembok.

4. Pengujian IP Camera

Pengujian ini dilaksanakan dalam dua tahap. Tahap pertama mengakses *IP Camera* menggunakan metode RTSP, kemudian ditampilkan pada *media player IP Camera*. Tahap kedua *IP Camera* diuji menggunakan aplikasi *blynk* pada *smartphone* peneliti.

Tahap kedua adalah pengujian dengan kondisi dimana alat praktikum dan peneliti berada di tempat yang berbeda.

Peneliti tidak berada pada satu ruangan dengan prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot, yang berarti ada halangan berupa tembok. Kedua pengujian ini bermaksud supaya mendapatkan perbandingan kecepatan pengiriman data. Tujuan dari dilaksanakannya pengujian ini supaya dapat memudahkan pelaksanaan praktikum yang bisa dilakukan dimana saja karena penggunaan teknologi IoT pada praktikum bandul matematis ini.

5. Perancangan Pengujian Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT Secara Keseluruhan

Pengujian ini meliputi operasional alat praktikum dan aplikasi untuk mengendalikannya. Semua parameter akan diuji dan dilakukan kalibrasi supaya hasil pengujian ini juga akan dicek kembali tingkat ketelitian alat praktikum secara keseluruhan. Variasi data pada penelitian ini adalah panjang tali. Setelah data didapatkan, tahap selanjutnya adalah mengolah data sehingga didapatkan tingkat akurasi dari prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot. Keakuratan dan kesalahan relatif (*error*) data waktu simpangan (*t*) pada prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot ini bisa diketahui dengan menggunakan persamaan

$$\bar{t} = \frac{\sum t}{n} \quad (3.1)$$

$$\delta t = t - \bar{t} \quad (3.2)$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{\sum (t - \bar{t})^2}{n - 1}} \quad (3.3)$$

$$KR = \frac{\Delta t}{\bar{t}} \times 100 \% \quad (3.4)$$

$$\text{Ketelitian} = 100 \% - KR \quad (3.5)$$

keterangan :

\bar{t} adalah waktu periode rata-rata (s)

Σt adalah jumlah total waktu periode selama n (s)

n adalah jumlah simpangan ayunan

δt adalah selisih atau penyimpangan t dengan \bar{t}

Δt adalah deviasi standar

KR adalah kesalahan relatif pengukuran (%)

Keakuratan dan kesalahan relatif (*error*) data percepatan gravitasi (g) pada prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot ini bisa diketahui dengan menggunakan persamaan

$$\bar{g} = \frac{\Sigma g}{n} \quad (3.6)$$

$$\delta g = g - \bar{g} \quad (3.7)$$

$$\Delta g = \sqrt{\frac{\sum (g - \bar{g})^2}{n - 1}} \quad (3.8)$$

$$KR = \frac{\Delta g}{\bar{g}} \times 100 \% \quad (3.9)$$

$$Ketelitian = 100 \% - KR \quad (3.10)$$

keterangan :

\bar{g} adalah waktu percepatan gravitasi rata-rata (s)

Σt adalah jumlah total percepatan gravitasi selama n (s)

n adalah jumlah simpangan ayunan

δg adalah selisih atau penyimpangan g dengan \bar{g}

Δg adalah deviasi standar

KR adalah kesalahan relatif pengukuran (%)

Data yang akan didapatkan pada penelitian ini akan berjumlah 8 data untuk setiap variasi panjang tali, yang mana variasi percepatan gravitasi akan berjumlah 8 pula. Setelah didapatkan data waktu simpangan (t) kemudian dicari akurasi dengan menggunakan Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5. Setelah menghitung akurasi pada data simpangan waktu (t) kemudian dicari nilai percepatan gravitasinya dengan menggunakan Persamaan 2.8, kemudian untuk akurasi menggunakan Persamaan 3.9 dan 3.10.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai proses pengujian sistem yang telah dirancang. Pengujian ini meliputi pengujian sensor infrared fc-51, pengujian relay, pengujian elektromagnet, pengujian komunikasi data, pengujian *IP Camera* dan pengujian alat bandul matematis berbasis IoT secara keseluruhan. Setelah itu melakukan kalibrasi dan menganalisa hasil-hasil pengukuran sensor supaya diketahui tingkat ketelitian sensor dan sistem dapat berjalan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat serta mampu menampilkan data dan memantau secara visual dengan memanfaatkan media video *streaming*. Prototipe ini merupakan pengembangan dari alat praktikum bandul matematis konvensional yang terdapat di Lab Fisika Dasar UIN Walisongo, yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pada gambar tersebut, dapat diperhatikan untuk menginisiasikan pengayunan bandul dan pencatatan periode osilasi masih menggunakan cara manual dengan stopwatch.

Hasil final prototipe keseluruhan alat bandul matematis berbasis iot dapat dilihat pada Gambar 4.2 sesuai dengan rancangan yang terdapat pada gambar 3.2.



Gambar 4. 1 Alat Praktikum Bandul Matematis

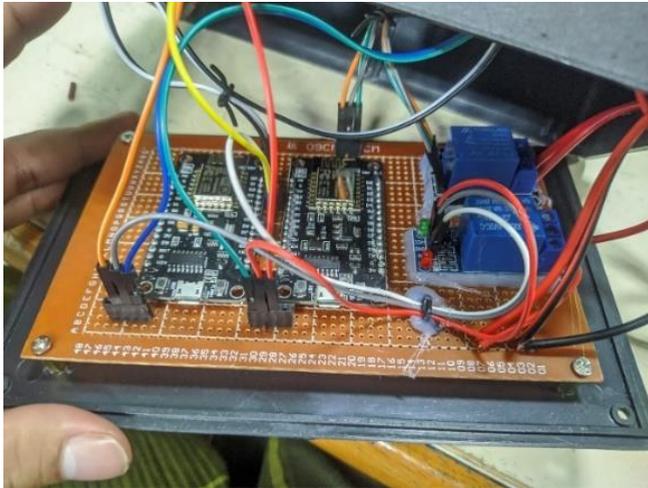
Prototipe alat bandul matematis berbasis iot ini dibuat dengan menggunakan kayu jati dengan dimensi alas 35cm x 28cm x 5cm dan dimensi tiang 4cm x 3cm x 124cm. Tempat untuk memasang magnet elektromagnet dan sensor infrared fc-51 terbuat dari bahan selang paralon. Untuk pengemasan mikrokontroler, relay, dan komponen lain, peneliti memanfaatkan kotak plastik hitam dengan dimensi 18,5cm x 11,5cm x 6,5cm yang terdapat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 2 Implementasi Prototipe Alat Praktikum Bandul
Matematis Berbasis IoT

Pada prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot pada gambar 4.2 di atas menggunakan sensor infrared fc-51 sebagai pengukuran periode osilasi ayunan. Jika pada pelaksanaan praktikum secara konvensional pada umumnya menggunakan stopwatch sebagai penghitung periode osilasi, namun pada penelitian ini menggunakan

sensor infrared fc-51 untuk menghitung periode osilasi setiap ayunan sehingga kemudian peneliti atau praktikan bisa menggunakannya untuk mencari nilai g .



Gambar 4. 3 Implementasi perancangan sistem
hardware

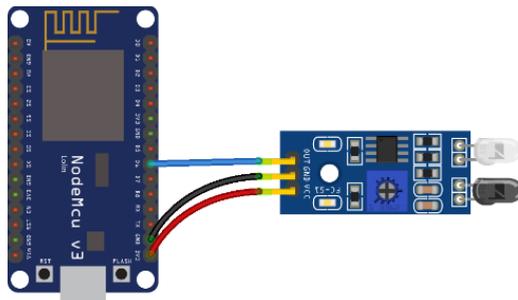
A. Hasil Penelitian Prototipe Rancang Bangun Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT

1. Hasil Pengujian Sensor Infrared FC-51

Pengujian sensor infrared fc-51 dilaksanakan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dalam menghitung waktu osilasi per-ayunan pada prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot. Dalam pengujian ini, penghitungan osilasi ayunan yang didapat dari sensor akan dibandingkan dengan penghitungan osilasi ayunan menggunakan stopwatch.

Rangkaian pengujian sensor infrared fc-51 dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Pengambilan data untuk pengujian sensor ini dilakukan dengan menghidupkan elektromagnet yang berada pada sisi kiri supaya beban besi berbentuk bulat dapat tertarik, untuk kemudian elektromagnet bisa dimatikan supaya beban tersebut dapat terlepas dari elektromagnet kemudian melakukan osilasi sehingga sensor infrared fc-51 yang diposisikan di sisi kanan dapat menangkap cahaya inframerah yang dipancarkan dari sensor itu sendiri, yang kemudian akan diterima lalu dipantulkan oleh beban menuju *receiver* yang ada pada sensor infrared fc-51. Proses pengujian sensor infrared fc-51 dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 4 Rangkaian Pengujian Sensor infrared fc-51

Kemudian setelah dilaksanakan proses pengambilan data, didapatkan hasil pengujian sensor infrared fc-51. Perbandingan pengukuran periode dengan menggunakan nodemcu yang menggunakan sensor infrared sebagai

checkpoint dengan perbandingan pengukuran periode menggunakan stopwatch dapat dilihat pada Tabel 4.1 sampai Tabel 4.7.



Gambar 4. 5 Proses Pengujian Sensor infrared fc-51

Dari pengujian ini didapatkan nilai akurasi sensor dengan variasi panjang tali yang berbeda, nilai akurasi yang didapatkan mulai dari 95 % sampai 98 % dengan kesalahan relatifnya (*error*) dari 1 % sampai 5 %. Hasil pengujian sensor infrared fc-51 dapat dilihat di Lampiran 1.

Tabel 4. 1 Panjang Tali 103 cm

n	Stopwatch (s)	Sensor (s)
1	1,95	2,01
2	2,13	2,14
3	2,01	2,01
4	2,04	2,02
5	2,06	2,01
6	2,18	2,14
7	1,91	2,01
\bar{t}	2,06	2,04

Tabel 4. 2 Panjang Tali 98 cm

n	Stopwatch (s)	Sensor (s)
1	1,99	2,01
2	2,02	1,88
3	1,86	2,01
4	1,96	2,01
5	2,06	2,01
6	1,91	2,01
7	2,01	2,01
\bar{t}	1,97	1,99

Tabel 4. 3 Panjang Tali 93 cm

n	Stopwatch (s)	Sensor (s)
1	1,91	2,01
2	1,89	1,87
3	1,87	2,01
4	2,00	1,87
5	1,97	2,01
6	1,89	1,88
7	1,86	2,01
\bar{t}	1,91	1,95

Tabel 4. 4 Panjang Tali 88 cm

n	Stopwatch (s)	Sensor (s)
1	1,93	1,87
2	1,86	1,88
3	1,92	1,87
4	1,88	1,89
5	1,9	1,87
6	1,88	1,88
7	1,8	2,01
\bar{t}	1,881	1,895

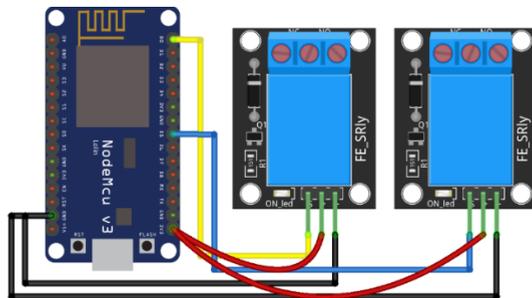
Tabel 4. 5 Panjang Tali 72 cm

n	Stopwatch (s)	Sensor (s)
1	1,62	1,74
2	1,82	1,74
3	1,67	1,61
4	1,69	1,74
5	1,67	1,74
6	1,69	1,74
7	1,64	1,74
\bar{t}	1,685	1,721

Perbedaan pengukuran antara sensor infrared fc-51 dan stopwatch yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.5 terdapat banyak perbedaan jika diukur dari penghitungan waktu periode per-ayunan, akan tetapi jika semua waktu periode per-ayunan ditotal (Σt) lalu dibagi dengan jumlah n data maka akan dihasilkan waktu rata-rata atau \bar{t} yang tidak berbeda jauh, maka selisih periode antara pengukuran dari sensor dan pengukuran dari stopwatch yang dihasilkan akan memiliki selisih yang kecil.

2. Hasil Pengujian Relay Modul

Pengujian modul relay ini bertujuan untuk mengetahui apakah modul relay berfungsi sebagai saklar untuk menghidupkan dan menonaktifkan sistem, elektromagnet, dan *IP Camera* dengan baik atau tidak. Pada pengujian ini mikrokontroler yang digunakan adalah Nodemcu dan aplikasi blynk. Nodemcu akan mengirimkan sinyal *high* untuk menghidupkan dan *low* untuk menonaktifkan. Sedangkan aplikasi blynk digunakan untuk mengontrol pin nodemcu dalam memberikan perintah *high* dan *low* pada modul relay. Rangkaian pengujian relay bisa dilihat pada Gambar 4.6



Gambar 4. 6 Rangkaian Pengujian Relay

Modul relay yang digunakan pada penelitian ini sebanyak dua buah, relay pertama dimanfaatkan untuk mengendalikan system, catu daya, dan IP Camera, dan relay kedua dimanfaatkan untuk menghidupkan dan mematikan elektromagnet yang mendapatkan suplai tegangan dari catu daya 12V. Modul relay yang digunakan untuk mengontrol

sistem, IP Camera dan catu daya dihubungkan dengan pin D0 pada nodemcu, dan relay yang digunakan untuk mengendalikan elektromagnet dihubungkan dengan pin D5 nodemcu. Hasil pengujian modul relay dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Relay

Pin Nodemcu	Logika Blynk	Logika Nodemcu	Relay	Tranduser
D0	1	HIGH	ON	Sistem ON
	0	LOW	OFF	Sistem OFF
D5	1	HIGH	ON	Elektromagnet ON
	0	LOW	OFF	Elektromagnet OFF

Keterangan :

Relay 1 untuk mengontrol sistem.

Relay 2 untuk mengontrol elektromagnet.

Hasil dari pegujian yang terdapat pada Tabel 4.6 dapat dipahami, ketika logika blynk 1 maka pin pada nodemcu yang berlogika high akan mengaktifkan relay, akan tetapi ketika logika blynk 0 maka pin pada nodemcu yang berlogika low akan menonaktifkan relay.

3. Hasil Pengujian Magnet Elektromagnet

Pengujian elektromagnet ini bertujuan untuk mengetahui apakah elektromagnet dapat berfungsi dengan baik atau tidak sebagai penarik beban besi berbentuk bulat.

Pada pengujian ini, mikrokontroler yang digunakan adalah nodemcu, aplikasi blynk, catu daya 12 volt, dan relay. Aplikasi blynk akan memberikan perintah dalam wujud tombol hidup/mati. Ketika tombol tersebut ditekan hidup maka logika pada nodemcu berubah menjadi *high* dan ketika tombol mati ditekan, maka logika pada nodemcu berubah menjadi *low*. Nodemcu digunakan untuk mengendalikan relay yang digunakan sebagai saklar untuk memberi dan memutus tegangan listrik yang akan diterima oleh elektromagnet, sehingga kemudian elektromagnet akan menarik beban ayunan, kemudian dimatikan lagi supaya terjadi osilasi ayunan matematis. Proses pengujian elektromagnet dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Pada pengujian kali ini didapatkan hasil pengujian yang dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Elektromagnet

No.	Status Tombol	Logika Nodemcu	Relay	Elektromagnet
1.	Hidup	<i>HIGH</i>	<i>ON</i>	<i>ON</i>
2.	Mati	<i>LOW</i>	<i>OFF</i>	<i>OFF</i>

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4.7 dapat dilihat jika elektromagnet bekerja sesuai dengan yang telah direncanakan. Elektromagnet dapat menarik beban ayunan yang akan diayunkan sebagai osilasi, akan tetapi harus

berdekatan dengan beban dikarenakan kekuatan medan magnet yang tidak cukup lemah sehingga jika jarak dari bandul besi terlalu jauh maka tidak akan menarik beban.



Gambar 4. 7 Proses Pengujian Elektromagnet

4. Hasil Pengujian *IP Camera*

Pengujian ini dilaksanakan sebagai verifikasi terhadap fungsi *IP Camera* apakah berjalan dengan semestinya atau tidak. Brand *IP Camera* yang digunakan pada penelitian ini berasal dari EZVIZ, dengan seri C1HC. *IP Camera* EZVIZ C1HC memiliki resolusi gambar hingga 1080p dan mendukung RTSP sebagai metode aksesnya. Hasil Pengujian *IP Camera* dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan penampilan pada aplikasi dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4.8 menunjukkan jika *IP Camera* berhasil diakses dengan metode RTSP serta *streaming video* bisa ditampilkan pada aplikasi blynk yang dapat dilihat pada gambar. Langkah pertama *IP Camera* dinyalakan lalu kemudian menyambungkan secara otomatis pada WiFi menggunakan aplikasi bawaan dari brand *IP Camera*.

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian *IP Camera*

No	Jenis Pengujian	Status <i>IP Camera</i>
1.	Mengkoneksikan dengan <i>WiFi</i>	Terhubung
2.	Memverifikasi alamat IP	Tersedia
3.	Menampilkan <i>streaming video</i> pada blynk dengan metode RTSP	Dapat menampilkan <i>streaming video</i>

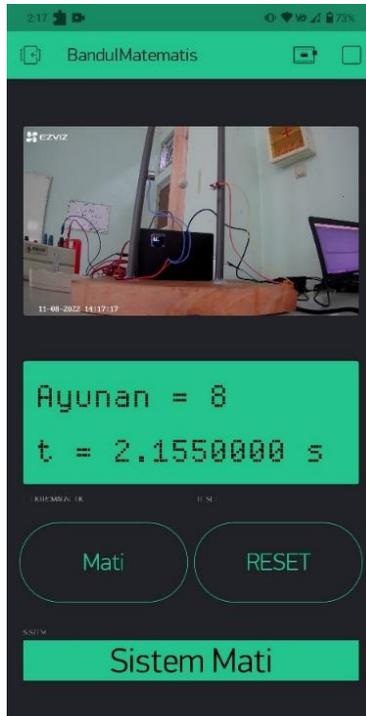
Setelah terhubung dengan *WiFi*, alamat IP kemudian bisa dilihat dengan menggunakan *software* SADP, yang kemudian alamat IP ini akan digunakan untuk mengakses *IP Camera* menggunakan metode RTSP, sehingga didapatkan alamat url `rtsp://admin:BJBWKM@10.38.30.2:554/H.264`. Alamat url inilah yang dimasukkan pada *widget video streaming* yang ada pada aplikasi blynk. Dari url tersebut, terdapat `admin:BJBWKM` adalah password dan sandi *IP*

Camera. Sedangkan 10.38.30.2:554 adalah alamat IP yang didapatkan ketika *IP Camera* berhasil terhubung dengan WiFi.

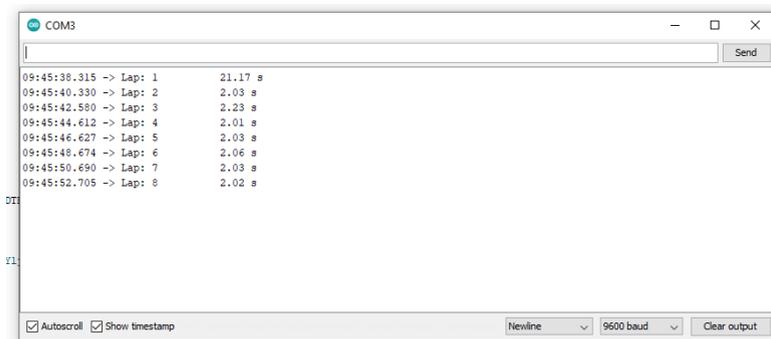
5. Hasil Pengujian Komunikasi Data

Pengujian ini bermaksud untuk mengetahui apakah mikrokontroler nodemcu telah terhubung dengan *WiFi*. Selanjutnya nodemcu akan terhubung dengan custom server *iot.serangkota.go.id*. Alasan peneliti menggunakan *custom server* karena peneliti menggunakan blynk versi 2.27.24 yang mana untuk saat ini sudah tidak bisa membuat akun baru jika menggunakan *server official* blynk. Untuk pengujian ini nodemcu dihubungkan dengan PC atau laptop yang telah terinstall arduino IDE, yang di dalamnya telah terinstall library blynk.

Ketika langkah-langkah tersebut sudah dipenuhi, kemudian buka serial monitor pada Arduino IDE. Nyalakan WiFi dengan SSID dan *password* sesuai dengan program yang diunggah pada nodemcu. SSID wifi adalah UIN_Walisongo-AX, dan karena menggunakan jaringan WiFi terbuka, maka pada password cukup dibiarkan kosong saja. Tampilan serial monitor pengujian komunikasi data dapat dilihat pada gambar, tapi dikarenakan peneliti menggunakan *custom server unofficial* dari blynk, maka serial monitor akan kosong tanpa menunjukkan kecepatan *ping* koneksi alat dengan server blynk.

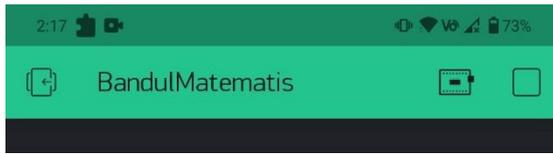


Gambar 4. 8 Tampilan *Streaming Video* pada Aplikasi Blynk

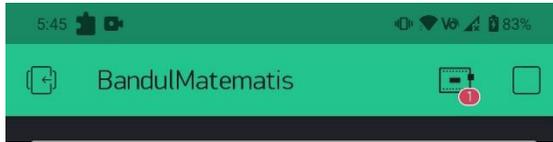


Gambar 4. 9 Serial Monitor Pada Software Arduino

Alternatifnya, status komunikasi data dapat dilihat dari aplikasi blynk. Jika terdapat ikon tanda seru merah kecil pada *icon board* mikrokontroler, hal ini berarti sistem belum terhubung dengan *custom server* iot.serangkota.go.id. Apabila tidak ada ikon tanda seru merah kecil, maka sistem telah terhubung dengan *custom server* iot.serangkota.go.id.



Gambar 4. 10 Sistem terhubung dengan server iot.serangkota.go.id



Gambar 4. 11 Sistem Tidak terhubung dengan server iot.serangkota.go.id

B. Pembahasan Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT

Setelah dilakukan pengujian rancang bangun alat praktikum gerak harmonik sederhana, termasuk pengujian sensor infrared fc-51, relay modul, elektromagnet, IP camera, dan komunikasi data, dapat disimpulkan bahwa setiap pengujian pada tabel masing-masing telah berhasil dan alat sudah berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, dibutuhkan

pengujian lanjutan untuk mengambil data dari seluruh alat tersebut.

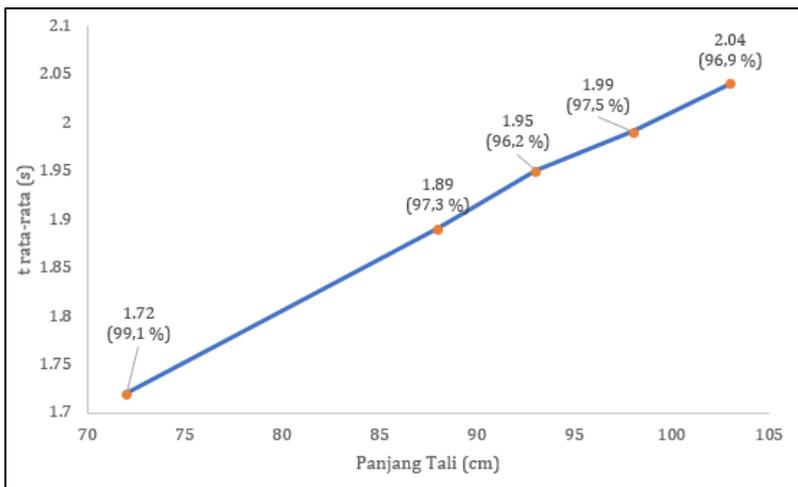
Pengujian keseluruhan prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot ini merupakan hasil pengukuran sensor infrared fc-51 berupa nilai T . Dari pengukuran sensor tersebut akan didapatkan nilai percepatan gravitasi dengan menggunakan beban besi bulat dengan massa 50 gram dan variasi panjang tali masing-masing 103 cm, 98 cm, 93 cm, 88 cm dan 72 cm.

Setelah mendapatkan nilai periode ayunan, selanjutnya didapatkan akurasi dan kesalahan relatif (*error*) pengukuran prototipe rancang bangun alat bandul matematis berbasis iot dan kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai percepatan gravitasi. Kesalahan relatif pengukuran oleh sensor dapat diketahuin dengan cara membagi kuadrat deviasi dengan nilai rata-rata yang didapatkan dari seluruh data, kemudian hasil bagi tadi dikalikan dengan 100% dan untuk ketelitiannya dihitung dengan mengurangkan 100% dengan kesalahan relatif yang didapatkan dari pengukuran. (Qisthi dan Sheilla, 2017). Parameter yang hasilnya akan ditampilkan adalah 1). Mampu mengendalikan relay untuk elektromagnet 2). Mampu mengontrol sistem utama 3). Menampilkan *visual data video streaming* yang didapatkan dari IP camera.

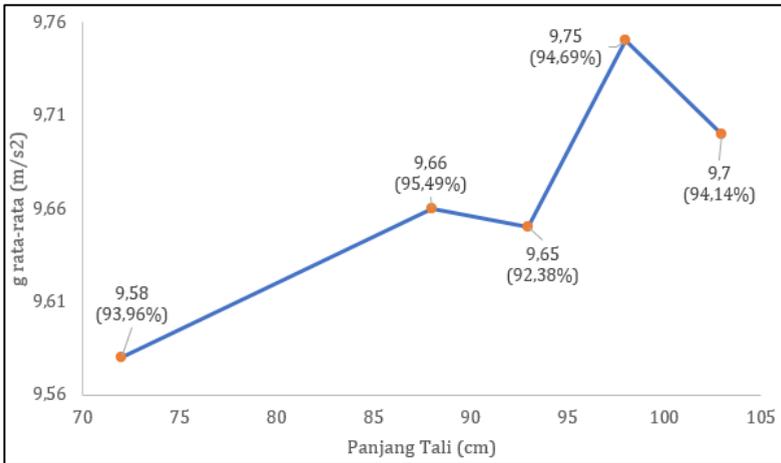
Pengujian keseluruhan prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot ini dilakukan dengan durasi selama satu menit untuk masing-masing variasi panjang tali dengan jeda yang digunakan untuk mengatur panjang talinya. Resolusi data yang didapatkan dari *LED Widget Blynk* adalah *real time*, setiap sensor mendeteksi benda yang berayun maka saat itu pula data akan terkirim pada blynk, sehingga untuk mempermudah pengambilan data, peneliti menggunakan aplikasi *Screen Recorder* pada *smartphone* peneliti untuk merekam aplikasi blynk, kemudian peneliti dapat mencatat data periode (t) selama per-ayunan yang ditunjukkan pada *LED Widget Blynk*. Jumlah data yang diambil adalah 7 data untuk per-variasi panjang tali. Dari data t yang didapatkan, kemudian melakukan penghitungan percepatan gravitasi per-ayunan untuk kemudian dijumlahkan menjadi satu kemudian dibagi dengan n data untuk mendapatkan t rata-rata. Dari percepatan gravitasi rata-rata bisa didapatkan akurasi dan *error* percepatan gravitasi. Jika berdasarkan Tabel 2.1 nilai percepatan gravitasi yang terjadi pada sekitar Khatulistiwa adalah $9,78 \text{ m/s}^2$.

Pengujian prototipe alat bandul matematis berbasis iot secara keseluruhan dilaksanakan dengan variasi l tali cm, 98 cm, 93 cm, 88 cm, 83 cm, dan 72 cm dengan 7 kali ayunan untuk satu variasi dan sudut sebesar $\pm 5^\circ$.

Pada Panjang tali 103 cm mendapatkan periode ayunan 2,04 s dengan ketelitian 96,9 % dan g sebesar 9,7 m/s² dengan ketelitian 94,14 %. Pada Panjang tali 98 cm mendapatkan periode ayunan 1,99 s dengan ketelitian 97,55 % dan g sebesar 9,75 m/s² dengan ketelitian 94,69 %. Pada Panjang tali 93 cm mendapatkan periode ayunan 1,95 s dengan kesalahan ketelitian 96,25 % dan g sebesar 9,65 m/s² dengan ketelitian 92,38 %. Pada Panjang tali 88 cm mendapatkan periode ayunan 1,89 s dengan ketelitian 97,31 % dan g sebesar 9,66 m/s² dengan ketelitian 95,49 %, Pada Panjang tali 72 cm mendapatkan periode ayunan 1,72 s dengan ketelitian 99,18 % dan g sebesar 9,58 m/s² dengan ketelitian 93,96 %. Analisis lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.



Gambar 4. 12 Grafik periode rata-rata dan akurasiya



Gambar 4. 13 Grafik percepatan gravitasi dan akurasiya

Menurut (Serway & Jewett, 2014) nilai periode dan frekuensi dari sebuah bandul matematis dipengaruhi oleh panjang tali dan percepatan gravitasi. Nilai periode rata-rata yang didapatkan dari panjang tali dan percepatan gravitasi yang diberikan adalah:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

dimana T adalah periode, l adalah panjang tali, dan g adalah percepatan gravitasi.

Dari rumus tersebut, dapat dilihat bahwa periode ayunan bandul sederhana berbanding lurus dengan panjang tali l , sehingga semakin panjang tali yang digunakan, maka periode ayunan bandul sederhana akan semakin lama. Sedangkan nilai percepatan gravitasi hampir sama di setiap

tempat di bumi, yaitu sekitar $9,78 - 9,8 \text{ m/s}^2$. Oleh karena itu, panjang tali merupakan variabel yang dapat diubah untuk memperoleh periode ayunan bandul sederhana yang berbeda-beda. Dapat dilihat pada grafik perbedaan akurasi penghitungan percepatan gravitasi pada Gambar 4.13, dengan variasi pengukuran periode ayunan menggunakan variasi 5 panjang tali terdapat perbedaan yang cukup jauh dari nilai percepatan gravitasi yang ditentukan universal dengan $9,8 \text{ m/s}^2$. Perbedaan tersebut terdapat pada variasi panjang tali 73 cm dengan percepatan gravitasinya sebesar $9,58 \text{ m/s}^2$. Hal tersebut disebabkan karena periode ayunan tidak tergantung pada massa benda yang digantungkan, akan tetapi disebabkan oleh panjang tali yang digunakan karena besarnya periode berbanding lurus dengan panjang tali, sehingga percepatan gravitasi yang didapatkan juga berbeda pula (Yanti et al., 2020). Panjang tali yang digunakan dalam praktikum bandul matematis sebaiknya menggunakan panjang tali minimal 100 cm. Hasil data yang tertera di atas dapat dijadikan standarisasi praktikum bandul matematis menggunakan tali dengan panjang 103 cm dan 98 cm dikarenakan nilai g (percepatan gravitasi) yang didapatkan mendekati dengan besarnya nilai percepatan gravitasi pada daerah di sekitar garis khatulistiwa.

Terdapat beberapa kendala ketika mencari nilai periode pada penelitian ini yang pertama adalah ketika variasi panjang

tali yang digunakan semakin pendek, maka tali harus dililitkan pada ujung statif supaya panjang tali yang diinginkan dapat dicari nilai periodenya yang menyebabkan terjadinya tumpukan lilitan tali pada ujung statif. Hal ini berdampak pada titik tengah vertikal tali tidak lagi berada di tengah, mengakibatkan data waktu yang didapatkan tidak bisa stabil, walau pada akhirnya nilai periode yang didapatkan tidak jauh berbeda jika dibandingkan dengan menggunakan stopwatch secara konvensional. Karena setelah diamati, pergerakan ayunan beban tidaklah lurus ke kanan dan ke kiri, melainkan berayun dengan lintasan oval seperti lintasan bumi mengelilingi matahari.

Kendala kedua adalah kemiringan alas untuk meletakkan rancang bangun alat yang harus rata atau setidaknya memiliki kemiringan kurang dari 1° . Hal ini didapatkan selama pengambilan data peneliti harus berulang kali harus menyesuaikan lokasi tiang statif elektromagnet dan sensor infrared fc-51 supaya pada awal-awal bandul berosilasi tidak menabrak sensor infrared fc-51 dan supaya sensor infrared fc-51 mendapatkan jarak yang bagus untuk mendeteksi beban bandul besi berbentuk bulat.

Kendala lainnya adalah elektromagnet yang dimiliki mengalami kesulitan dalam menarik bandul aluminium, sehingga diperlukan mekanisme awal untuk menarik beban besi menuju magnet elektromagnet supaya kemudian

elektromagnet dapat dimatikan agar beban besi dapat berayun dan sensor infrared fc-51 mendeteksinya.

Kendala ketiga ialah terdapat pada aplikasi blynk, pada *widget display* ketika menunjukkan data periode ayunan. *Update Rate* yang didapatkan terlalu cepat, sehingga untuk mempermudah mengambil data, praktikan dianjurkan menggunakan aplikasi *screen recorder* untuk merekam aplikasi blynk saat menjalankan praktikum. Hal tersebut dimaksudkan supaya dapat mem-*pause* dan *play* video supaya data periode ayunan bisa diamati. Akan tetapi hal ini tidak ditemui jika menggunakan *serial monitor* yang terdapat pada *software* Arduino IDE pada komputer praktikan.

Hasil pengujian selanjutnya adalah aplikasi blynk dapat mengontrol relay untuk menghidupkan dan mematikan sistem dan elektromagnet, menampilkan data berupa jumlah ayunan dan periode ayunan, dan menampilkan *video streaming* yang didapatkan dari *IP Camera*. Tampilan aplikasi blynk dapat dilihat pada Gambar 0.11 di lampiran 3. Pada gambar tersebut dapat terlihat *widget* media streaming sebagai *video streaming*, lalu terdapat *display widget* yang berfungsi menampilkan data berupa jumlah ayunan dan periode ayunan, dibawahnya terdapat tiga ikon tombol, yang pertama untuk menghidupkan dan mematikan magnet elektromagnet, yang kedua ikon tombol *reset* untuk mengembalikan penghitungan data jumlah

ayunan dan periode ayunan ke awal mula dan tombol berwarna hijau paling bawah untuk menghidupkan dan mematikan sistem yang akan berfungsi untuk mengolah data yang didapatkan dari sensor infrared fc-51.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti menghasilkan kesimpulan di bawah ini :

A. Kesimpulan

1. Penelitian rancang bangun praktikum bandul matematis berbasis iot bisa digunakan dan dimanfaatkan dengan perangkat android melalui aplikasi blynk yang berbasis *Internet of Things* (IoT). Pengguna dapat menggunakan alat rancang bangun praktikum bandul matematis berbasis iot dimana saja dan kapan saja selama alat tersebut terhubung kepada jaringan internet yang telah ditentukan. Rancang bangun alat ini dilengkapi juga dengan *IP Camera* supaya pengguna bisa melihat alat praktikum bandul matematis secara langsung melalui *smartphone*. Prinsip kerja rancang bangun alat praktikum bandul matematis berbasis IoT yang dihasilkan kali ini adalah menghasilkan produk untuk memberi solusi untuk pelaksanaan praktikum bandul matematis dapat diselenggarakan secara daring. Rancang bangun alat praktikum bandul matematis berbasis iot dapat dikendalikan dengan menggunakan aplikasi blynk.

2. Pengguna dapat mengamati dan mengambil data dari aplikasi blynk berupa jumlah ayunan (n) dan periode per-ayunan (t) yang ditampilkan pada oled dan aplikasi blynk. Data percepatan gravitasi per-ayunan (g) pada penelitian ini belum bisa ditampilkan dikarenakan *update rate* yang tidak stabil dan hasil penghitungan yang belum bisa menunjukkan seperti yang diinginkan dikarenakan mengalami hambatan pada penulisan kode program.
3. Berdasarkan data yang didapatkan dari pengujian alat, kemudian didapatkan nilai percepatan gravitasi rata-rata dari berbagai variasi panjang tali. Pada Panjang tali 103 cm mendapatkan g sebesar $9,7 \text{ m/s}^2$ dengan ketelitian 94,14%. Pada Panjang tali 98 cm mendapatkan g sebesar $9,75 \text{ m/s}^2$ dengan ketelitian 94,69%. Pada Panjang tali 93 cm mendapatkan g sebesar $9,65 \text{ m/s}^2$ dengan ketelitian 92,38%. Pada Panjang tali 88 cm mendapatkan g sebesar $9,66 \text{ m/s}^2$ dengan ketelitian 95,49%, Pada Panjang tali 72 cm mendapatkan g sebesar $9,58 \text{ m/s}^2$ dengan ketelitian 93,96%. Akurasi perhitungan nilai g tidak lepas dari penghitungan periode ayunan (t) menggunakan sensor infrared fc-51 dengan ketelitian mulai dari 96,2% sampai dengan 99,1%.

B. Saran

Supaya hasil yang didapatkan lebih maksimal, peneliti memberikan beberapa saran yang peneliti dapat berikan dari pelaksanaan penelitian ini sebagai berikut :

1. Melakukan *remodelling* statif yang digunakan dengan lebih presisi supaya pengukuran periode dan sudut ayunan lebih mudah dan akurat yang disebabkan tali ayunan memiliki tegak lurus yang bisa hampir sama atau sejajar dengan tegaknya tiang statif.
2. Menambahkan katrol pada ujung atas tiang statif, dan *motor stepper* pada bagian bawah tiang statif supaya untuk kedepannya bisa mengatur panjang tali.
3. Menambah sensor dan elektromagnet pada setiap titik panjang tali yang ingin diteliti, sehingga memudahkan praktikan dalam melakukan pengambilan data, dikarenakan tidak perlu menggeser sensor dan elektromagnet setiap kali ingin mengambil data dengan panjang tali yang beragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin. 2016. *Fisika Dasar I*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Aini, Qurotul et al. 2018. *Rancang Bangun Alat Monitoring Pergerakan Objek Pada Ruangan Menggunakan Modul RCWL 0516*. Jurnal Teknik Elektro . Vol 10 No.1 hlm : 41–46.
- Al-Khairi, Muhammad Habib. *Tutorial Menggunakan Sensor HC-SR04 Dan Relay Dengan Arduino*. Mahir Elektro.
- Apriyani, Sri et al. 2020. *Perancangan Aplikasi Monitoring Ruangan Menggunakan IP Camera Berbasis Android*. Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan) . Vol 4 No.1 hlm : 1–7.
- Arduino. 2022. *Millis()*.
- Artawan, Putu. 2013. *Analisis Variatif Gravitasi Bumi Di Berbagai Koordinat Dengan Ayunan Sederhana*. Seminar Nasional FMIPA UNDIKSHA III.
- Artiyasa, Marina et al. 2020. *Comparative Study of Internet of Things (IoT) Platform for Smart Home Lighting Control Using NodeMCU with Thingspeak and Blynk Web Applications*. FIDELITY : Jurnal Teknik Elektro . Vol 2 No.1 hlm : 1–6.
- Artofcircuits. *Single Channel Infrared Obstacle Avoidance Proximity Sensors Module – FC-51*.

- Ashari, M. Aluh., and Lita Lidyawati. 2018. *Iot Berbasis Sistem Smart Home Menggunakan Nodemcu V3*. Jurnal Kajian Teknik Elektro . Vol 3 No.2 hlm : 138–49.
- Dewi, Nurul Hidayati Lusita et al. 2022. *Prototype Smart Home Dengan Nodemcu Esp8266 Berbasis Iot*. Jurnal Ilmiah Teknik . Vol 1 No.2 hlm : 101–7.
- Dinning, Track et al. 2015. *Can a Blended Learning Approach Enhance Students' Transition Into Higher Education? A Study To Explore Perceptions, Engagement and Progression*. Research Article International Journal of Advancement in Education and Social Sciences . Vol 3 No.2 hlm : 1–7.
- Efendi, Mohamad Yusuf., and Joni Eka Chandra. 2019. *Implementasi Internet of Things Pada Sistem Kendali Lampu Rumah Menggunakan Telegram Messenger Bot Dan Nodemcu Esp 8266*. Global Journal of Computer Science and Technology: A Hardware & Computation . Vol 19 No.1 hlm : 16.
- Efendi, Yoyon. 2018. *Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile*. Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer . Vol 4 No.1 hlm : 19–26.
- ETechnopiles. *Nodemcu ESP8266 Pinout, Specs, Versions with Detailed Board Layout*.

Ezviz. *C1HC*.

Farasdaq, Muhammad Hifdzil. 2020. FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta *Pengembangan Alat Peraga Bandul Matematis Berbasis Mikrokontroler Arduino Untuk Melatih Keterampilan Proses Sains Siswa SMA*. Jakarta.

Firdausi, Nur Akmalia. 2018. *Prototipe Alat Monitoring Detak Jantung Portabel Menggunakan Arduino Pro Mini Dan Bluetooth Berbasis Android*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.

Fitriani, Rike., and Nina Paramytha. 2019. *Robot Pendeteksi Logam Dengan*. hlm : 2272–80.

Giancoli, Douglas C. 2014. *Fisika: Prinsip Dan Aplikasi Edisi Ke Tujuh*. ed. Erlangga. Jakarta: Pearson Education.

Harir, Rafiq et al. 2019. *Perancangan Aplikasi Blynk Untuk Monitoring Dan Kendali Penyiraman Tanaman*. Elektrikal . Vol 6 hlm : 1–10.

Hendrawan, Ervyan Dwi et al. 2020. *Rancang Bangun Sistem Penghitungan Benih Ikan Lele Otomatis Berbasis Arduino*. Jurnal Ilmiah Computing Insight . Vol 2 No.2 hlm : 27–35.

Hidayat, M. Reza et al. 2018. *Perancangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis IoT Dengan NodeMCU ESP8266 Menggunakan Sensor PIR HC-SR501 Dan Sensor Smoke Detector*. Kilat . Vol 7 No.2 hlm : 139–48.

Jayanti, Titik Ayu Dwi et al. 2020. *Cold Smoking Equipment Design of Smoked Fish Products with Closed Circulation*

Using Temperature and Concentration Monitoring System Based on Arduino Uno. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering . Vol 846 No.1.

Juwariyah, Tatik et al. 2018. *Perancangan Sistem Deteksi Dini Pencegah Kebakaran Rumah Berbasis IoT (Internet of Things)* Tatik Juwariyah *, Sugeng Prayitno , Akalily Mardhiyya. Seinasi-Kesi hlm : 57–62.

Kadir, Abdul. 2018. *Dasar Pemrograman Internet Untuk Proyek Berbasis Arduino*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.

Khoerun, Bobi., and Arief Udhiarto. 2019. *Pengaruh Variasi Suhu Laminating, Waktu Ultrasonic Cleaning, Kecepatan Rotasi Spin Coating Terhadap Karakterisasi Organic Light Emitting Diode (Oled)*. JTT (Jurnal Teknologi Terapan) . Vol 5 No.2 hlm : 72.

Kurnianto, P et al. 2010. *Pengembangan Kemampuan Menyimpulkan Dan Mengkomunikasikan Konsep Fisika Melalui Kegiatan Praktikum Fisika Sederhana*. Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia . Vol 6 hlm : 6–9.

Kurniawati, Lilis et al. 2015. *Pengaruh Penerapan Metode Pembelajaran Praktikum Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Matematika Siswa Kelas VIII Smp N 3 Sumber Kabupaten Cirebon*. Eduma : Mathematics Education Learning and Teaching . Vol 4 No.2.

Kusumaningrum, Anggraini et al. 2017. *Pemanfaatan Internet*

- of Things Pada Kendali Lampu*. Compiler . Vol 6 No.1 hlm : 53–59.
- Lawa, ZCJ., and MEI Najosan. 2012. *Perancangan Teknologi IP Camera Di Jaringan Radio Wireless PT. PLN Wilayah Suluttenggo*. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Unsrat . Vol 1 No.3 hlm : 1–7.
- Muchlis, Fayakun et al. 2018. *Pengembangan Alat Peraga Fisika Berbasis Internet of Things Untuk Praktikum Hukum Newton II*. Jurnal Pendidikan Fisika . Vol 6 No.1 hlm : 13–20.
- Novelan, Muhammad Syahputra et al. 2020. *Sistem Kendali Lampu Menggunakan NodeMCU Dan Mysql Berbasis IOT (Internet Of Things)*. Jurnal Nasional Informatika dan teknologi Jaringan . Vol 5 No.1 hlm : 117–21.
- Nunzio, Giorgio De., and Giowanni Marsella. 2016. *FC-51: IR Infrared Obstacle Detection Sensor Module*. hlm : 1–9.
- Pambudhi, Ajie et al. 2017. *Monitoring Dan Analisis IP Camera Pada Jaringan Internet*. Jurnal Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Rustandi, Andi et al. 2020. *Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android Pada Mata Pelajaran Simulasi Dan Komunikasi Digital Kelas X Sekolah Menengah Kejuruan Teknologi Informasi Airlangga Tahun Ajaran 2020/2021*. Jurnal Binawakya . Vol 15 No.2 hlm : 4085–92.
- Sabry, M S., and A Arsyad. 2019. *Isyarat Adanya Gravitasi Bumi*

- (*Suatu Kajian Tahlili Terhadap Qs. Al-Baqarah/2: 74. Tafsere . Vol 7 hlm : 125–44.*
- Santoso, Hari. 2015. Elangsakti.com *Panduan Praktis Arduino Untuk Pemula.*
- Satriadi, Arifaldy et al. 2019. *Perancangan Home Automation Berbasis NodeMcu. Transient . Vol 8 No.1 hlm : 2685–0206.*
- Serway, Raymond A., and John W Jewett. 2014. *Serway & Jewett - Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics 9ed.*
- Setyaningrum, Rus et al. 2013. *Efektivitas Pelaksanaan Praktikum Fisika Siswa Sma Negeri Kabupaten Purworejo. Radiasi Jurnal Berkala Pendidikan Fisika . Vol 3 No.1 hlm : 83–86.*
- Setyawan, Lukas B. 2017. *Prinsip Kerja Dan Teknologi OLED. Techné : Jurnal Ilmiah Elektroteknika . Vol 16 No.02 hlm : 121–32.*
- Suciarahmat, Aan., and Yudhiakto Pramudya. 2015. *Aplikasi Sensor Smartphone Dalam Eksperimen Penentuan Percepatan Gravitasi Aplikasi Sensor Smartphone Dalam Eksperimen Penentuan Percepatan Gravitasi. . Vol XIX No.55 hlm : 10–13.*
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Dan RnD).* Bandung: ALFABETA.

- Sulaiman, Oris Krianto., and Adi Widarma. 2017. *Sistem Internet of Things (Iot) Berbasis Cloud Computing Dalam Campus Area Network*.
- Susanti, Rahmi. 2013. *Pengaruh Penerapan Pembelajaran Berbasis Masalah Pada Praktikum Fotosintesis Dan Respirasi Untuk Meningkatkan Kemampuan Generik Sains Mahasiswa Pendidikan Biologi FKIP Unsri*. Pendidikan Biologi FKIP Unsri hlm : 1–14.
- Syihab, Muhammad Quraish. 2012. 1 *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan Dan Keserasian Al-Quran*. Jakarta: Lentera Hati.
- Techzeero. *Get Started With Nodemcu*.
- Tipler, Paul Allen., and Mosca Gene. 2007. *Physics For Scientists and Engineers*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Walker, Jearl et al. 2011. *Fundamentals Of Physics 9th Edition*. New York: Wiley.
- Yanti, Yuli et al. 2020. *Pengaruh Panjang Tali, Massa Dan Diameter Bandul Terhadap Periode Dengan Variasi Sudut*. STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) . Vol 5 No.1 hlm : 6.

Lampiran 1. Data Pengujian Periode Dan Percepatan Gravitasi Sensor

Tabel 0. 1 Hasil Pengujian Sensor Dengan L 103 cm

No.	t alat (s)	t stopwatch (s)
1	2,01	1,95
2	2,14	2,13
3	2,01	2,05
4	2,02	2,04
5	2,01	2,06
6	2,14	2,18
7	2,01	1,91

Tabel 0. 2 Hasil Pengujian Sensor Dengan L 98 cm

No.	t alat (s)	t stopwatch (s)
1	2,01	1,99
2	1,88	2,02
3	2,01	1,86
4	2,01	1,96
5	2,01	2,06
6	2,01	1,91
7	2,01	2,01

Tabel 0. 3 Hasil Pengujian Sensor Dengan L 93 cm

No.	t alat (s)	t stopwatch (s)
1	2,01	1,91
2	1,87	1,89
3	2,01	1,87
4	1,87	2,00
5	2,01	1,97
6	1,88	1,89
7	2,01	1,86

Tabel 0. 4 Hasil Pengujian Sensor Dengan L 88 cm

No.	Alat (s)	Stopwatch (s)
1	1,87	1,93
2	1,88	1,86
3	1,87	1,92
4	1,89	1,88
5	1,87	1,9
6	1,88	1,88
7	2,01	1,8

Tabel 0. 5 Hasil Pengujian Sensor Dengan L 72 cm

No.	Alat (s)	Stopwatch (s)
1	1,74	1,62
2	1,74	1,82
3	1,61	1,67
4	1,74	1,69
5	1,74	1,67
6	1,74	1,69
7	1,74	1,64

Nilai periode dari pengukuran menggunakan prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot yang telah dilaksanakan dapat diketahui menggunakan persamaan :

$$\bar{t} = \frac{\Sigma t}{n} \quad (\text{L1. 1})$$

$$\delta t = t - \bar{t} \quad (\text{L1. 2})$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{\Sigma (t - \bar{t})^2}{n - 1}} \quad (\text{L1. 3})$$

$$KR = \frac{\Delta t}{\bar{t}} \times 100 \% \quad (\text{L1. 4})$$

$$\text{Ketelitian} = 100 \% - KR \quad (\text{L1. 5})$$

keterangan :

\bar{t} adalah waktu periode rata-rata (s)

Σt adalah jumlah total waktu periode selama n (s)

n adalah jumlah simpangan ayunan

δt adalah selisih atau penyimpangan t dengan \bar{t}

Δt adalah deviasi standar

KR adalah kesalahan relatif pengukuran (%)

Nilai percepatan gravitasi dari pengukuran menggunakan prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot yang telah dilaksanakan dapat diketahui menggunakan persamaan :

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2} \quad (\text{L1. 6})$$

Keterangan :

g merupakan percepatan gravitasi (m/s^2)

π merupakan nilai phi (3,14)

L merupakan panjang tali (m)

T merupakan periode ayunan (s)

Sedangkan akurasi dan *error* nilai percepatan gravitasi dari hasil pengukuran menggunakan prototipe alat praktikum bandul matematis berbasis iot dapat diketahui menggunakan persamaan berikut :

$$\bar{g} = \frac{\Sigma g}{n} \quad (\text{L1. 7})$$

$$\delta g = g - \bar{g} \quad (\text{L1. 8})$$

$$\Delta g = \sqrt{\frac{\Sigma (g - \bar{g})^2}{n - 1}} \quad (\text{L1. 9})$$

$$KR = \frac{\Delta g}{\bar{g}} \times 100 \% \quad (\text{L1. 10})$$

$$\text{Ketelitian} = 100 \% - KR \quad (\text{L1. 11})$$

keterangan :

\bar{g} adalah waktu percepatan gravitasi rata-rata (s)

Σt adalah jumlah total percepatan gravitasi selama n (s)

n adalah jumlah simpangan ayunan

δg adalah selisih atau penyimpangan g dengan \bar{g}

Δg adalah deviasi standar

KR adalah kesalahan relatif pengukuran (%)

Tabel 0. 6 Perhitungan periode dan percepatan gravitasi ayunan (alat) pada L 103 cm

No.	t (s)	$t - \bar{t}$	$(t - \bar{t})^2$	g	$(g - \bar{g})$	$(g - \bar{g})^2$
1	2,01	-0,03	0,0009	10,05	0,35	0,122
2	2,14	0,1	0,01	8,87	-0,83	0,688
3	2,01	-0,03	0,0009	10,05	0,35	0,122
4	2,02	-0,02	0,0004	9,95	0,27	0,072
5	2,01	-0,03	0,0009	10,05	0,35	0,122
6	2,14	0,1	0,01	8,87	-0,83	0,688
7	2,01	-0,03	0,0009	10,05	0,35	0,122
$\Sigma = 14,34$			$\Sigma = 0,024$	$\Sigma = 67,89$		$\Sigma = 1,936$
$\bar{t} = 2,04$				$\bar{g} = 9,7$		

96

$$\bar{t} = \frac{(2,01 + 2,14 + 2,01 + 2,02 + 2,01 + 2,14 + 2,01)}{7}$$

$$= 2,04 \text{ s}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{0,024}{6}}$$

$$= 0,0632$$

$$KR = \frac{0,0632}{2,04} \times 100 \%$$

$$= 3,098 \%$$

$$\text{Ketelitian} = 100 \% - 3,098 \%$$

$$= 96,9 \%$$

$$\bar{g} = \frac{(10,05 + 8,87 + 10,05 + 9,95 + 10,05 + 8,87 + 10,05)}{7}$$

$$= 9,7 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta g = \sqrt{\frac{1,936}{6}}$$

$$= 0,568$$

$$KR = \frac{0,568}{9,7} \times 100 \%$$

$$= 5,855 \%$$

$$\text{Ketelitian} = 100 \% - 5,855 \%$$

$$= 94,15 \%$$

Tabel 0. 7 Perhitungan periode dan percepatan gravitasi ayunan (alat) pada L 98 cm

No.	t (s)	$t - \bar{t}$	$(t - \bar{t})^2$	g	$(g - \bar{g})$	$(g - \bar{g})^2$
1	2,01	0,02	0,0004	9,56	-0,19	0,036
2	1,88	-0,11	0,0121	10,93	1,18	1,392
3	2,01	0,02	0,0004	9,56	-0,19	0,036
4	2,01	0,02	0,0004	9,56	-0,19	0,036
5	2,01	0,02	0,0004	9,56	-0,19	0,036
6	2,01	0,02	0,0004	9,56	-0,19	0,036
7	2,01	0,02	0,0004	9,56	-0,19	0,036
		$\bar{t} = 1,99$	$\Sigma = 0,0145$	$\bar{g} = 9,75$		
		$\Sigma = 13,94$	$\Sigma = 68,29$			$\Sigma = 1,608$

98

$$\bar{t} = \frac{(2,01 + 1,88 + 2,01 + 2,01 + 2,01 + 2,01 + 2,01)}{7}$$

$$= 1,99 \text{ s}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{0,0145}{6}}$$

$$= 0,0491$$

$$KR = \frac{0,0491}{1,99} \times 100 \%$$

$$= 2,467 \%$$

$$\text{Ketelitian} = 100 \% - 2,467 \%$$

$$= 97,53 \%$$

$$\bar{g} = \frac{(9,56 + 10,93 + 9,56 + 9,56 + 9,56 + 9,56 + 9,56)}{7}$$

$$= 9,75 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta g = \sqrt{\frac{1,608}{6}}$$

$$= 0,517$$

$$KR = \frac{0,517}{9,75} \times 100 \%$$

$$= 5,3 \%$$

$$\text{Akurasi} = 100 \% - 5,3 \%$$

$$= 94,7 \%$$

Tabel 0. 8 Perhitungan periode dan percepatan gravitasi ayunan (alat) pada L 93 cm

No.	t(s)	$t - \bar{t}$	$(t - \bar{t})^2$	g	$(g - \bar{g})$	$(g - \bar{g})^2$
1	2,01	0,06	0,0036	9,07	-0,58	0,336
2	1,87	-0,08	0,0064	10,48	0,83	0,688
3	2,01	0,06	0,0036	9,07	-0,58	0,336
4	1,87	-0,08	0,0064	10,48	0,83	0,688
5	2,01	0,06	0,0036	9,07	-0,58	0,336
6	1,88	-0,07	0,0049	10,37	0,72	0,518
7	2,01	0,06	0,0036	9,07	-0,58	0,336
		$\Sigma = 13,66$	$\Sigma = 0,0321$	$\Sigma = 67,61$		$\Sigma = 3,238$
		$\bar{t} = 1,95$		$\bar{g} = 9,65$		

100

$$\bar{t} = \frac{(2,01 + 1,87 + 2,01 + 1,87 + 2,01 + 1,88 + 2,01)}{7}$$

$$= 1,95 \text{ s}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{0,0321}{6}}$$

$$= 0,0731$$

$$KR = \frac{0,0731}{1,95} \times 100 \%$$

$$= 3,748 \%$$

$$\text{Ketelitian} = 100 \% - 3,748 \%$$

$$= 96,252 \%$$

$$\bar{g} = \frac{(9,07 + 10,48 + 9,07 + 10,48 + 9,07 + 10,37 + 9,07)}{7}$$

$$= 9,65 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta g = \sqrt{\frac{3,238}{6}}$$

$$= 0,7346$$

$$KR = \frac{0,7346}{9,65} \times 100 \%$$

$$= 7,612 \%$$

$$\text{Ketelitian} = 100 \% - 7,612 \%$$

$$= 92,38 \%$$

Tabel 0. 9 Perhitungan periode dan percepatan gravitasi ayunan (alat) pada L 88 cm

No.	t (s)	$t - \bar{t}$	$(t - \bar{t})^2$	g	$(g - \bar{g})$	$(g - \bar{g})^2$
1	1,87	-0,025	0,000625	9,92	0,26	0,067
2	1,88	-0,015	0,000225	9,81	0,15	0,022
3	1,87	-0,025	0,000625	9,92	0,26	0,067
4	1,89	-0,005	0,000025	9,71	0,05	0,002
5	1,87	-0,025	0,000625	9,92	0,26	0,067
6	1,88	-0,015	0,000225	9,81	0,15	0,022
7	2,01	0,155	0,013225	8,59	-1,07	1,144
$\Sigma = 13,27$ $\bar{t} = 1,895$		$\Sigma = 0,015575$		$\Sigma = 67,68$ $\bar{g} = 9,66$		$\Sigma = 1,391$

102

$$\bar{t} = \frac{(1,87 + 1,88 + 1,87 + 1,89 + 1,87 + 1,88 + 2,01)}{7}$$

$$= 1,895 \text{ s}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{0,015575}{6}}$$

$$= 0,051$$

$$KR = \frac{0,051}{1,895} \times 100 \%$$

$$= 2,691 \%$$

$$\text{Ketelitian} = 100 \% - 2,691 \%$$

$$= 97,31 \%$$

$$\bar{g} = \frac{(9,92 + 9,81 + 9,92 + 9,71 + 9,92 + 9,81 + 8,59)}{7}$$

$$= 9,66 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta g = \sqrt{\frac{1,1391}{6}}$$

$$= 0,4357$$

$$KR = \frac{0,4357}{9,66} \times 100 \%$$

$$= 4,51 \%$$

$$\text{Ketelitian} = 100 \% - 4,51 \%$$

$$= 95,49 \%$$

Tabel 0. 10 Perhitungan periode dan percepatan gravitasi ayunan (alat) pada L 72 cm

No.	t (s)	$t - \bar{t}$	$(t - \bar{t})^2$	g	$(g - \bar{g})$	$(g - \bar{g})^2$
1	1,74	0,019	0,00036	9,37	-0,21	0,044
2	1,74	0,019	0,00036	9,37	-0,21	0,044
3	1,61	-0,111	0,01233	10,9	1,32	1,742
4	1,74	0,019	0,00036	9,37	-0,21	0,044
5	1,74	0,019	0,00036	9,37	-0,21	0,044
6	1,74	0,019	0,00036	9,37	-0,21	0,044
7	1,74	0,019	0,00036	9,37	-0,21	0,044
		$\Sigma = 12,05$		$\Sigma = 67,12$		$\Sigma = 2,006$
		$\bar{t} = 1,721$	$\Sigma = 0,01449$	$\bar{g} = 9,58$		

$$\bar{t} = \frac{(1,74 + 1,74 + 1,61 + 1,74 + 1,74 + 1,74 + 1,74)}{7}$$

$$= 1,721 \text{ s}$$

$$\Delta t = \sqrt{\frac{0,01449}{6}}$$

$$= 0,0491$$

$$KR = \frac{0,0491}{1,721} \times 100 \%$$

$$= 0,81 \%$$

$$\text{Ketelitian} = 100 \% - 0,81 \%$$

$$= 99,19 \%$$

$$\bar{g} = \frac{(9,37 + 9,37 + 10,9 + 9,37 + 9,37 + 9,37 + 9,37)}{7}$$

$$= 9,58 \text{ m/s}^2$$

$$\Delta g = \sqrt{\frac{2,006}{6}}$$

$$= 0,5782$$

$$KR = \frac{0,5782}{9,58} \times 100 \%$$

$$= 6,03 \%$$

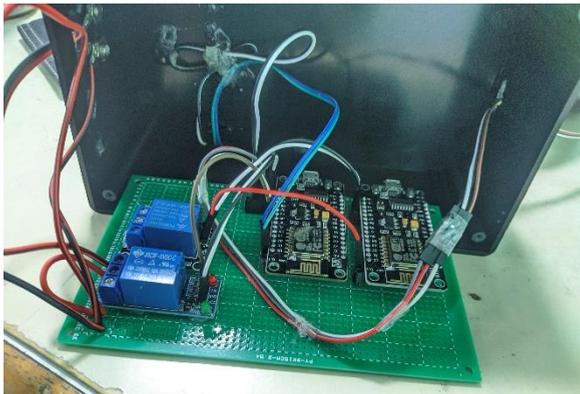
$$\text{Ketelitian} = 100 \% - 6,03 \%$$

$$= 93,97 \%$$

Lampiran 2. Gambar Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT Dan Proses Pengujian



Gambar 0. 1 Implementasi Rancang Bangun Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT



Gambar 0. 2 Implementasi Perangkat Keras Sistem dan Kontrol



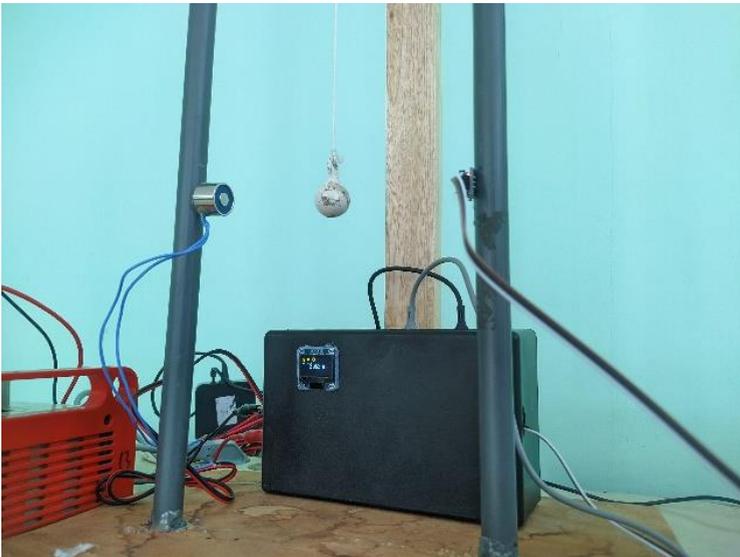
Gambar 0. 3 Tampilan *Display* OLED



Gambar 0. 4 Proses Pengujian Sensor *Infrared Proximity* FC51



Gambar 0. 5 Proses Pengujian Elektromagnet



Gambar 0. 6 Pengujian Dengan L 103 cm



Gambar 0. 7 Pengujian Dengan L 98 cm



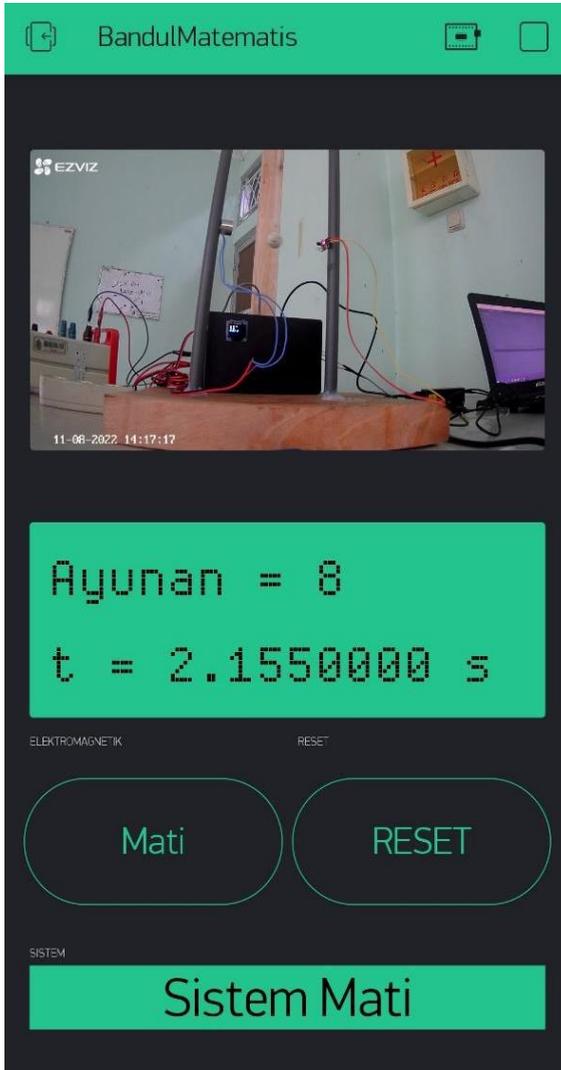
Gambar 0. 8 Pengujian Dengan L 93 cm



Gambar 0. 9 Pengujian Dengan L 88 cm



Gambar 0. 10 Pengujian Dengan L 72 cm

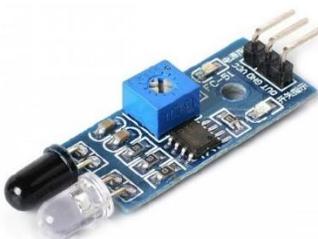


Gambar 0. 11 Implementasi Aplikasi Blynk dan Proses Pengujian Prototipe

Lampiran 3. Datasheet Sensor

FC-51: IR Infrared Obstacle Detection Sensor Module 2 - 30cm

Giorgio De Nunzio – Giovanni Marsella



0 Premessa: i raggi infrarossi (IR)

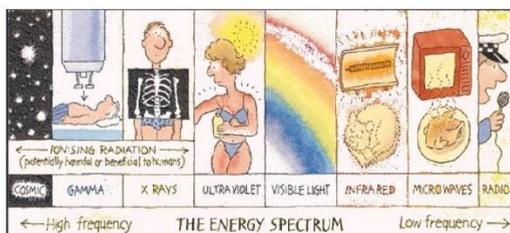


Fig. 0 – Lo spettro delle onde elettromagnetiche, in cui è presente la porzione dei raggi infrarossi (*infrared*) (da <http://galileo.phys.virginia.edu/outreach/8thgradesol/RadiationProtectionFrm.htm>, immagine proveniente dall'Uranium Information Centre, Melbourne, Australia)

1 Introduzione

La presenza di un oggetto (per esempio, un ostacolo davanti a un robot) può essere rilevata mediante un sistema a raggi infrarossi costituito da un trasmettitore e un ricevitore IR.

Più in dettaglio, un **trasmettitore IR**, o IR LED, invia un segnale a infrarossi ad una particolare lunghezza d'onda compatibile con un **ricevitore IR**, il quale ha il compito di rilevarlo.

Ci sono diversi tipi di sensori IR per diverse tipologie di applicazioni. La tecnologia IR è usata, ad esempio, nei sensori di prossimità per rilevare un oggetto nelle immediate vicinanze, nei sensori di contrasto per individuare un percorso tracciato sul pavimento, o nei sensori di conteggio per contare oggetti che passino davanti a sensore.

2 Principio di funzionamento

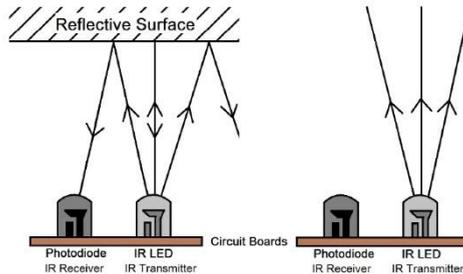


Fig. 1 – Principio di funzionamento di un sensore IR con e senza un oggetto in prossimità.

Il trasmettitore IR invia un segnale infrarosso che, in presenza di una superficie riflettente (soprattutto se di colore bianco), “rimbalza” in varie direzioni, compresa quella lungo la quale la radiazione colpisce il ricevitore IR, il quale cattura il segnale rilevando l’oggetto, e segnalandolo attraverso uno dei suoi pin.

Nel caso di una superficie assorbente (ad esempio di colore nero) il segnale IR è riflesso in minima parte, con la conseguenza che l’oggetto è difficilmente rilevato dal sensore.

2.1 Trasmettitore IR e ricevitore IR

Il trasmettitore IR è un particolare LED che emette radiazioni nel range di frequenza dell’infrarosso, invisibile a occhio nudo. Un LED infrarosso funziona esattamente come un LED nel visibile, tranne che per la lunghezza d’onda emessa.

La tensione di lavoro è di 3.3-5V DC e il consumo di corrente di circa 20mA. Il ricevitore IR, (un fotodiode), è in grado di rilevare radiazioni infrarosse emesse da un trasmettitore IR. Esteticamente esso è simile ad un LED ma la capsula esterna può essere avvolta da un pellicola di colore scuro.

2. Gnd per il riferimento a massa;
3. Out per il segnale di uscita digitale del sensore.

Il Power LED sul dispositivo si illumina quando esso è alimentato. L'Obstacle LED si illumina quando si individua la presenza di un ostacolo.

L'uscita del sensore è alta (HIGH) se non è rilevato un ostacolo (il LED receiver non riceve segnali riflessi), è bassa (LOW) in caso di presenza di un ostacolo.

Questo sensore rileva oggetti ad una distanza compresa tra 2 e 30cm. Mediante il trimmer potenziometrico è possibile calibrare la sensibilità in base all'applicazione e alle condizioni ambientali (ad esempio la luminosità). Ruotando il potenziometro in senso antiorario, la distanza alla quale il sensore rileva l'oggetto diminuisce, ruotandolo in senso orario tale distanza aumenta.

E' opportuno notare che si tratta di un dispositivo piuttosto "rozzo", per cui può capitare che un ostacolo non sia rilevato se di colore scuro o se comunque assorbe le lunghezze d'onda IR, e che la precisione e la portata effettiva dipendono dalla qualità del sensore (molto variabile) e dal materiale di cui è fatto l'oggetto da rilevare.

4 Alcune demo

4.1 Test IR sensor FC-51 mediante terminale seriale (Demo 01)

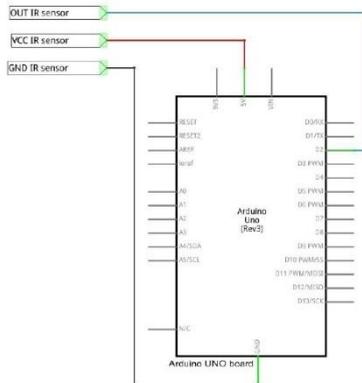


Fig.4 – Schema della demo 1.

Nella prima demo, mediante la connessione tra la porta seriale di Arduino e il PC, leggeremo l'informazione sul rilevamento dell'oggetto.

Diamo uno sguardo ai passaggi richiesti da questa demo:

1. Colleghiamo il pin d'uscita del sensore al pin digitale 2 di Arduino che chiameremo IR.
2. La funzione **setup()** è eseguita una sola volta prima della funzione loop. Inseriamo qui il codice di inizializzazione che abilita la porta seriale di Arduino e imposta il pin digitale 2 come un ingresso.
3. La funzione **loop()** è la funzione principale ed è ciclicamente ripetuta finché non si spegne la scheda Arduino. Convertiamo in linguaggio C il funzionamento del circuito elettronico analizzato in precedenza. Salviamo nella variabile **detection** il valore prelevato dal pin IR mediante la funzione **digitalRead**: se il valore è basso allora c'è un oggetto davanti al sensore, altrimenti non c'è (o non è rilevabile).

Ecco il codice:

```
#define IR 2
int detection;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(IR, INPUT);
}
void loop() {
  detection = digitalRead(IR);
  if(detection == LOW){
    Serial.print("There is an obstacle!\n");
  }
  else{
    Serial.print("No obstacle!\n");
  }
  delay(500);    // in ms
}
```

4.2 IR sensor FC-51 e LED (Demo 02) (dal sito [2])

Questa demo aggiunge l'accensione del LED presente sulla scheda di Arduino quando è rilevato un ostacolo. Il pin di Arduino usato è diverso, ma solo per la diversa provenienza dell'esempio applicativo. Qualunque pin digitale è utilizzabile.

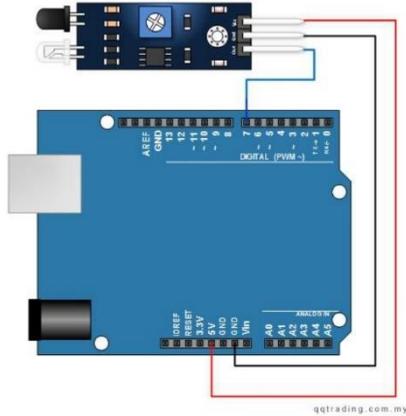


Fig.5 – Schema della demo 2.

```

// IR Obstacle Collision Detection Module

int LED = 13; // Use the onboard Uno LED
int isObstaclePin = 7; // This is our input pin
int isObstacle = HIGH; // HIGH MEANS NO OBSTACLE

void setup() {
  pinMode(LED, OUTPUT);
  pinMode(isObstaclePin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  isObstacle = digitalRead(isObstaclePin);
  if (isObstacle == LOW) {
    Serial.println("OBSTACLE!!, OBSTACLE!!");
    digitalWrite(LED, HIGH);
  } else {
    Serial.println("clear");
    digitalWrite(LED, LOW);
  }
  delay(200);
}

```

4.3 IR sensor FC-51 e LED (Demo 03)

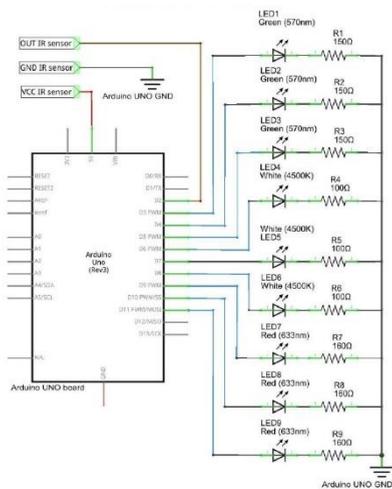


Fig.6 Schema elettrico della demo 3

In questa demo associamo un'uscita ad ogni stato di funzionamento del sensore IR. I componenti richiesti sono (vedere anche la nota alla fine del paragrafo!):

- Sensore IR FC-51;
- 3 x LEDs verde;
- 3 x R=150Ω;
- 3 x LEDs bianco;
- 3 x R=100Ω;
- 3 x LEDs rosso;
- 3 x R=160Ω.

Ricordate che i pin I/O sono in grado di assorbire/erogare 40mA max, in totale 200mA max (vedi il datasheet dell'**ATmega328P**). Diamo uno sguardo ai passaggi richiesti da questa demo:

1. Colleghiamo il pin d'uscita del sensore al pin digitale 2 di Arduino. Definiamo i pin digitali dei LEDs come un array di pin, da 3 a 11 che chiamiamo **LedPIN**.
2. La funzione **setup()** è eseguita una sola volta prima del main loop. In aggiunta al codice di inizializzazione già visto, dichiariamo come output i 9 LED mediante un ciclo for.
3. La funzione **loop()** è la funzione principale ed è ciclicamente ripetuta finché non si spegne la scheda Arduino. Salviamo nella variabile **detection** il valore prelevato dal pin **IR** mediante la specifica funzione **digitalRead()**. Questo valore può essere basso se c'è un oggetto o alto se non c'è.

Diamo uno sguardo al codice:

```
#define IR 2    // digital pin input for ir sensor
int detection;
int i;
// array digital pin for:
// green led(3,4,5) - white led (6,7,8)- red led (9,10,11)
int LedPIN[] = {3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11};

void setup() {
  pinMode(IR, INPUT);
  for(i = 0; i < 9; i++){
    pinMode(LedPIN[i], OUTPUT);
  }
}

void loop() {
  detection = digitalRead(IR);
  if(detection == LOW){ // there is an object!
    BlinkLED();
  }
  else{
    LedOFF();
  }
}

void BlinkLED() {
  for(i = 0; i < 9; i++) {
    digitalWrite(LedPIN[i], LOW); // turn all the LEDs off
  }
  delay(150);
  for(i = 0; i < 9; i++) {
    digitalWrite(LedPIN[i], HIGH); // turn all the LEDs on
  }
  delay(150);
}

void LedOFF() {
  for(i = 6; i < 9; i++) {
    digitalWrite(LedPIN[i], LOW);
  }
  delay(150);
  for(i = 3; i < 6; i++) {
    digitalWrite(LedPIN[i], LOW);
  }
  delay(150);
  for(i = 0; i < 3; i++) {
```

```
    digitalWrite(LedPIN[i], LOW);  
  }  
  delay(150);  
}
```

Nota: il codice è solo una delle possibili varianti: quando è presente un ostacolo, fa lampeggiare i nove LED, quando non vi è ostacolo, se sono accesi li spegne in sequenza, in gruppi di tre. Naturalmente, avendo a disposizione meno LED o volendo modificare il codice, è possibile realizzare un circuito che usi solo un LED (che lampeggi se c'è ostacolo, sia spento altrimenti) o con un numero a piacere.

Sitografia

[1] <http://www.playembedded.org/blog/it/2016/01/08/rilevare-un-ostacolo-con-il-sensore-ir-e-arduino/>

[2] <http://qqtrading.com.my/ir-infrared-obstacle-detection-sensor-module-fc-5>

[3] <http://www.playembedded.org/blog/it/2016/02/29/un-contatore-di-oggetti-utilizzando-un-sensore-ir-e-arduino/>

JQC-3FF SUBMINIATURE HIGH POWER RELAY

File No. :R50034671

CRUS

File No. :E133481

CQC

File No. :CQC0201001953



Features

- * Extremely low cost
- * SPST-NO & SPDT configuration
- * Subminiature, standard PCB layout
- * Sealed IP67 and Flux proof types available

CONTACT DATA

Contact Arrangement	1A	1C
Initial Contact Resistance Max.	100mΩ (at 1A, 6VDC)	
Contact Material	Silver Alloy	
Contact Rating (Res. Load)	10A 277VAC	7A 250VDC 10A 277VAC
Max. switching voltage	277VAC/30VDC	
Max. switching current	15A	10A
Max. switching power	2770VA, 210W	
Mechanical life	1 x 10 ⁷ CPs	
Electrical life	1 x 10 ⁶ CPs	

CHARACTERISTICS

Initial Insulation Resistance	100MΩ, 500VDC	
Dielectric Strength	Between coil and contacts	1500VAC, 1min
	Between open contacts	750VAC, 1min
Operate time (at nomi. Volt.)	Max. 10ms	
Release time (at nomi. Volt.)	Max. 5ms	
Temperature rise (at nomi. Volt.)	Max. 60°C	
Shock Resistance	Functional	98 m/s ² (10g)
	Destructive	980 m/s ² (100g)
Vibration Resistance	1.5mm, 10 to 55Hz	
Humidity	35% to 85%RH	
Ambient temperature	-40°C to +65°C	
Termination	PCB	
Unit weight	Approx. 10g	
Construction	Sealed IP67 & Flux proof	

COIL

Coil power	0.36W 48VDC : 0.51W*
------------	----------------------

COIL DATA

Nominal Voltage VDC	Pick-up Voltage VDC	Drop-out Voltage VDC	Max. allowable Voltage VDC(at 25°C)	Coil Resistance Ω
5	3.80	0.5	6.5	70 ± 10%
6	4.50	0.6	7.8	100 ± 10%
9	6.80	0.9	11.7	225 ± 10%
12	9.00	1.2	15.6	400 ± 10%
18	13.5	1.8	23.4	900 ± 10%
24	18.0	2.4	31.2	1600 ± 10%
48	36.0	4.8	62.4	4500 ± 10%

SAFETY APPROVAL RATINGS

UL	1 Form C	10A 277VAC 10A 120VAC 1/2 HP 125/250VAC
	1 Form A	10A 277VAC TV-5 120VAC 15A 125VAC 120VAC 125VAC 1/2hp, 125VAC
	1 Form C	8A 250VAC 12A 125VAC cos phi=1 5A 250VAC cos phi=1
	1 Form A	10A 277VAC 12A 125VAC cos phi=1 5A 250VAC cos phi=1



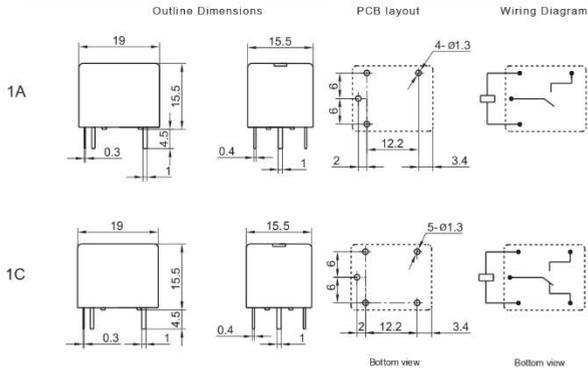
HONGFA RELAY
ISO9001*ISO/TS16949 *ISO14001 CERTIFIED

VERSION: EN02-20040601

ORDERING INFORMATION

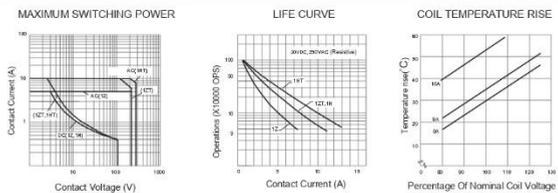
JQC-3FF / 012		1H	S	T	F
Type					
Coil voltage	5, 6, 9, 12, 18, 24, 48VDC				
Contact arrangement	1H:1 Form A (SPST-NO) 1Z:1 Form C (SPDT)				
Structure	S: Sealed IP67 NII: Flux proof				
Contact Material	T: AgSnO ₂ NII: AgCdo				
Insulation System	F: Class F 155°C NII: Class B 130°C				

OUTLINE DIMENSIONS, WIRING DIAGRAM AND PC BOARD LAYOUT



General Purpose Power Relays JQC-3FF

CHARACTERISTICS CURVE



Lampiran 4. Cara Penggunaan Rancang Bangun Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT

PETUNJUK PENGGUNAAN RANCANG BANGUN PROTOTIPE ALAT
PRAKTIKUM BANDUL MATEMATIS BERBASIS IOT



OLEH :

ANDIKA RIFQI MAULANA

(1708026007)

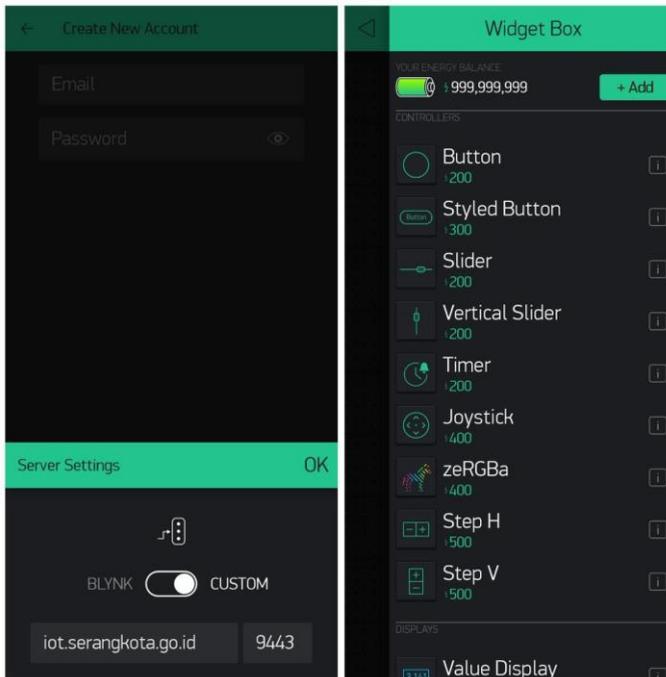
PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO



Gambar Rancang Bangun Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT

CARA KERJA DAN PENGGUNAAN

1. Unduh aplikasi blynk legacy versi 2-27-24 di grup telegram Blynk Serang Kota atau bisa masuk dengan tautan <https://t.me/serangkota>, setelah terunduh kemudian install file apk blynknya.
2. Konfigurasi terlebih dahulu aplikasi blynk dengan mengubah pengaturan *server settings*. Terdapat ikon pada bagian bawah aplikasi, klik ikon tersebut, lalu ubah menu slider dari blynk menjadi custom, lalu masukkan link iot.serangkota.go.id dan port 9443, kemudian klik OK. Ilustrasi pengaturan server bisa dilihat pada Gambar 1.1

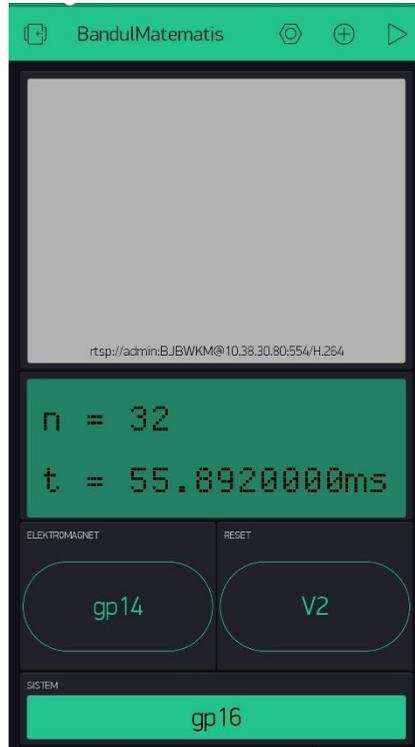


Gambar 1.1

3. Login menggunakan akun berikut :
 Email : bandulmatwali9@gmail.com
 Password : Bandul Matematis 2017
4. Hubungkan pengontrol sistem dan *IP Camera* menuju sumber tegangan listrik 220 ACV
5. Hubungkan sistem dan catu daya yang digunakan untuk magnet elektromagnet menuju sumber tegangan yang didapatkan dari terminal.
6. Setelah semua perangkat terhubung dengan sumber tegangan listrik, selanjutnya tunggu setidaknya 30 detik

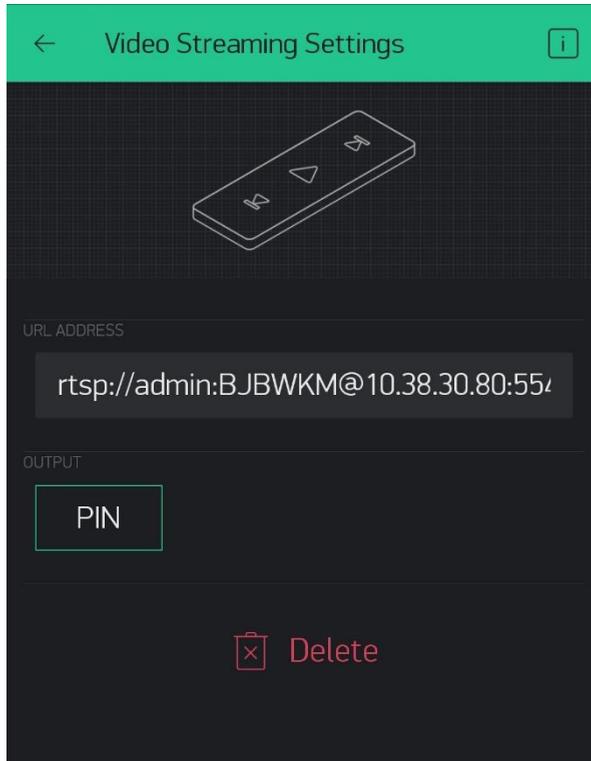
sampai dengan 1 menit untuk perangkat mendapatkan dan terkoneksi dengan jaringan WiFi laboratorium.

7. Nodemcu untuk kontrol sistem akan terkoneksi ke WiFi, kemudian hidupkan sistem utama dengan menekan tombol paling bawah berwarna hijau sehingga tulisan di dalam tombol tersebut berubah menjadi "Sistem Hidup".
8. Sebelum memulai mengoperasikan, atur terlebih dahulu alamat *IP Camera* dengan cara :
 - a. Install terlebih dahulu software SADP Tools pada perangkat komputer
 - b. Buka software SADP Tools untuk memeriksa koneksi RTSP dan *IP Adress* dari *IP Camera*. Hal ini cukup dilakukan sekali apabila *IP Camera* tetap terhubung dengan sumber tegangan. Akan tetapi jika *IP Camera* diputuskan dari sumber tegangan, maka *IP Adress* akan berubah-ubah. Sebagai contoh, pada kali ini *IP Adress* dari *IP Camera* adalah 10.38.29.159



Gambar 1.2

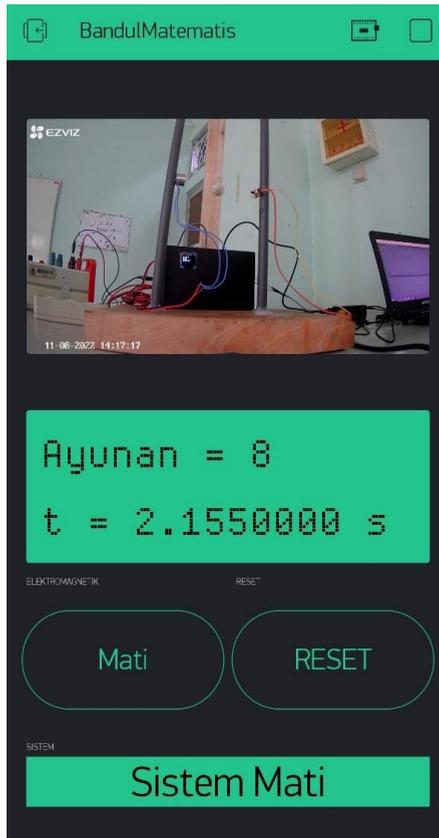
- c. Buka aplikasi blynk, *pause* sejenak dengan menekan tombol kotak pada pojok kanan atas sehingga ikonnya akan berubah menjadi ikon segitiga. Kemudian klik pada bagian widget *video streaming* pada kotak abu-abu pada Gambar 1.2



Gambar 1.3

Akan muncul pengaturan *video streaming* seperti pada gambar 1.3 dan *IP Adress* bisa diatur di sini. Masukkan alamat URL dengan susunan `rtsp://admin:BJBKM@10.38.29.159:554/H.264`, Untuk bagian yang bergaris bawah merupakan alamat IP yang telah dicek pada software SADP Tools. Jika sudah melakukan pengaturan *IP Adress*, kembali pada menu sebelumnya, kemudian *play* kembali aplikasinya dengan menekan tombol segitiga pada pojok kanan atas.

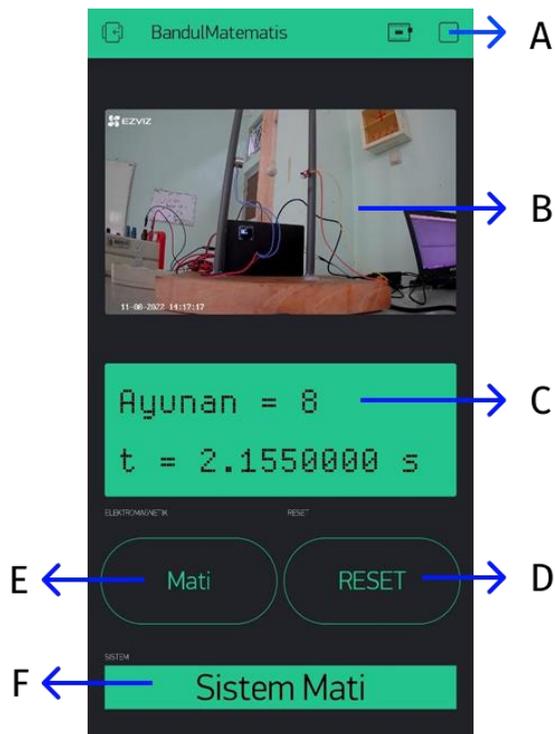
9. Aplikasi blynk telah siap digunakan dan menampilkan aplikasi seperti pada Gambar 1.4



Gambar 1.4

10. Pengguna dapat mengambil data periode ayunan dan jumlah ayunan dengan menggunakan aplikasi blynk. Bisa dilihat tampilan aplikasi blynk pada gambar 1.5. kegunaan dari masing-masing tombol dan penampil data adalah sebagai berikut :
- Tombol untuk *pause* dan *play* aplikasi blynk.

- b. Tampilan *Video Streaming Widget*.
- c. Tampilan nilai data berupa jumlah ayunan(n) dan percepatan gravitasi (g).
- d. Tombol untuk mengulangi perhitungan (*reset*).
- e. Tombol untuk mematikan dan menghidupkan elektromagnet.
- f. Tombol untuk menghidupkan dan mematikan sistem.



Gambar 1.5

11. Untuk memulai menggunakan aplikasi blynk untuk melakukan praktikum bandul matematis, hidupkan sistem dengan menekan tombol dengan keterangan F.
12. Setelah sistem hidup, tunggu sekitar satu menit sehingga sistem terkoneksi dengan jaringan WiFi Laboratorium.
13. Kemudian hidupkan lalu matikan elektromagnet, dikarenakan setiap sistem pertama kali berjalan, elektromagnet secara otomatis akan menyala juga, sehingga hal ini diperlukan untuk mencegah suhu elektromagnet meningkat terlalu tinggi.
14. Kemudian mulai aplikasi *screen recorder* untuk merekam aplikasi blynk supaya memudahkan dalam mengambil data.
15. Nyalakan elektromagnet sampai beban besi tertarik.
16. Matikan elektromagnet supaya beban besi terlepas dan dapat terdeteksi oleh sensor infrared fc-51.
17. Data mulai diambil ketika terjadi ayunan kedua, karena ayunan pertama berfungsi sebagai kalibrasi waktu periode ayunan.

Lampiran 5. *Source Code* Sistem Rancang Bangun Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT

```

#include <Blynk.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

// lebar OLED
#define SCREEN_WIDTH 128
// panjang OLED
#define SCREEN_HEIGHT 64
// pin reset
#define OLED_RESET -1
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire,
OLED_RESET);

//blynk
char auth[] = "2V2aPJ8d1xtuXkT71AxYljdmUJkhnfy";
char ssid[] = "UIN_Walisongo-AX";
char pass[] = "";

double stopwatch = 0;
double waktuAwal = millis();
double waktuSekarang ;
int lap = 0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass, "iot.serangkota.go.id", 8080);
  Serial.println("Initialized");
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
  delay(500);
  display.clearDisplay();
  display.setCursor(0,0);
  display.setTextSize(1);
  display.setTextColor(WHITE);
  display.println("");

```

```

display.setCursor(25,35);
display.setTextSize(1);
display.print("");
display.display();
delay(1000);
pinMode(12, INPUT);
digitalWrite(12, HIGH);
}

```

```

void loop()
{
  Blynk.run();
  delay(1);
  if(digitalRead(12) == LOW)
  {
    waktuSekarang = millis();
    stopwatch = (waktuSekarang - waktuAwal) / 1000;
    if(stopwatch > 1)
    {
      lap++;
      Serial.print("Lap: ");
      Serial.print(lap);
      Serial.print("\t\t");
      Serial.print(stopwatch);
      Serial.print(" s");
      Serial.println();
      waktuAwal = millis();
    }
  }
}

```

```

// Display ke OLED
display.clearDisplay();
display.setTextSize(2);
display.setCursor(2,0);
display.print("n = ");
display.print(lap);
display.setTextSize(2);
display.setCursor(2,17);
display.println("t = ");
display.setTextSize(2);
display.setCursor(15,17);
display.println("");
display.print(stopwatch);
display.print(" s");
display.display();

```

```
// Print data ke Blynk
Blynk.virtualWrite(V0, stopwatch);
Blynk.virtualWrite(V1, lap);
delay(100);
}

BLYNK_WRITE(V2)
{
  lap = 0;
  stopwatch = 0;
}
```

Lampiran 6. *Source Code* Kontrol Rancang Bangun Prototipe Alat Praktikum Bandul Matematis Berbasis IoT

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
//blynk
char auth[] = "2V2aPJ8d1xtuXkT71AxYljdmUJkhnfy";
char ssid[] = "UIN_Walisongo-AX";
char pass[] = "";

#define system D0

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass, "iot.serangkota.go.id", 8080);
}

void loop() {
  Blynk.run();
}
```