

**RANCANG BANGUN SISTEM EKSPERIMEN GERAK MELINGKAR
BERATURAN DENGAN *REMOTE LABORATORY* UNTUK
PENGUKURAN JARAK JAUH**



**IDDYA CHAZANAH
NIM. 17034107/2017**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2022

**RANCANG BANGUN SISTEM EKSPERIMEN GERAK MELINGKAR
BERATURAN DENGAN *REMOTE LABORATORY* UNTUK
PENGUKURAN JARAK JAUH**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains*



Oleh:

IDDYA CHAZANAH

NIM. 17034107/2017

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

2022

PERSETUJUAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM EKSPERIMEN GERAK MELINGKAR BERATURAN DENGAN *REMOTE LABORATORY* UNTUK PENGUKURAN JARAK JAUH

Nama : Iddya Chazanah
NIM : 17034107
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

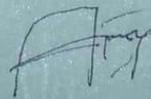
Padang, 15 Februari 2022

Mengetahui:
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Ratnawulan, M.Si
NIP. 196901201993032 002

Disetujui Oleh :
Pembimbing



Dr. Asrizal, M.Si
NIP. 196606031992031001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

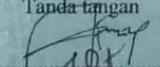
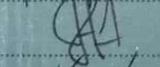
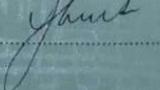
Nama : Iddya Chazanah
NIM : 17034107
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

RANCANG BANGUN SISTEM EKSPERIMEN GERAK MELINGKAR BERATURAN DENGAN *REMOTE LABORATORY* UNTUK PENGUKURAN JARAK JAUH

Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 15 Februari 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda tangan
Ketua	: Dr. Asrizal, M.Si	
Penguji 1	: Drs. Hufri, M.Si	
Penguji 2	: Yohandri, M.Si, Ph.D	

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem Eksperimen Gerak Melingkar Beraturan dengan *Remote Laboratory* Untuk Pengukuran Jarak Jauh” adalah asli karya sendiri;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian karya saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing;
3. Didalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan dalam perpustakaan;
4. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh oleh karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Saya yang menyatakan,



Iddya Chazanah
NIM. 17034107

Rancang Bangun Sistem Eksperimen Gerak Melingkar Beraturan Dengan *Remote Laboratory* Untuk Pengukuran Jarak Jauh

Iddya Chazanah

ABSTRAK

Perkembangan zaman sangat berpengaruh terhadap perkembangan teknologi. Kemajuan teknologi dalam dunia pendidikan sangat membantu proses kegiatan belajar dan mengajar. Kegiatan eksperimen yang dilakukan dari rumah akibat Covid-19 dirasa kurang efektif. Solusi dari permasalahan ini yaitu dengan mewujudkan eksperimen jarak jauh (*remote laboratory*). *Remote laboratory* memungkinkan untuk tetap adanya interaksi dengan peralatan di laboratorium kapan dan dimana saja. Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan ketepatan dan ketelitian motor *stepper*, menentukan spesifikasi performansi dari sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh, menentukan spesifikasi desain dari sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh dan hubungan antara besaran fisika dalam gerak melingkar beraturan.

Penelitian ini dilakukan dengan empat tahapan. Tahapan tersebut yaitu tahap persiapan, tahap pengkajian literatur, tahap pelaksanaan penelitian dan tahap penyusunan laporan. Penelitian ini tergolong penelitian rekayasa. Desain sistem eksperimen terdiri dari desain mekanik dan desain perangkat lunak yang disatukan. Instrumen yang digunakan sebagai pembanding yaitu tachometer. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran langsung dengan memvariasikan kecepatan sudut dan pengukuran tidak langsung yang didapat dengan pengukuran besaran frekuensi, kecepatan linear dan percepatan sentripetal. Teknik analisis data yang dilakukan yaitu mendapatkan ketepatan dan ketelitian.

Berdasarkan analisis data dapat dikemukakan empat hasil penelitian. Pertama ketepatan motor *stepper* rata-rata yaitu sebesar 99,77% dan hasil ketelitian rata-rata motor *stepper* yaitu sebesar 99,86%, hal ini berarti motor *stepper* bekerja mendekati nilai yang sebenarnya. Kedua hasil spesifikasi performansi dari sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* terdiri atas kotak yang berukuran 54x43x21 cm yang terpasang sebuah piringan berdiameter 13,2 cm dengan pengontrolan kecepatan sudut motor *stepper*. Ketiga hasil spesifikasi desain dari sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory*, nilai ketepatan sistem eksperimen yang diperoleh rata-rata yaitu 99,63% dan nilai ketelitian sistem eksperimen yang diperoleh rata-rata adalah 99,89%. Hal ini menunjukkan sistem eksperimen bekerja mendekati nilai yang sebenarnya. Keempat nilai frekuensi berbanding lurus dengan nilai kecepatan sudut. Nilai kecepatan linear berbanding lurus dengan nilai kecepatan sudut. Nilai percepatan sentripetal sebanding dengan kuadrat kecepatan sudut.

Kata Kunci : *Remote Laboratory*, Gerak Melingkar, Eksperimen, Pengukuran Jarak Jauh

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Penulis mengucapkan segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala berkah, rahmat dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi ini, sebagai judul penelitian adalah “Rancang Bangun Sistem Eksperimen Gerak Melingkar Beraturan Dengan *Remote Laboratory* Untuk Pengukuran Jarak Jauh”. Tujuan penulisan skripsi ini untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) bagi mahasiswa program S-1 di program studi Fisika Jurusan Fisika Universitas Negeri Padang.

Peneliti menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak. Peneliti dengan dasar ini, tidak lupa pula mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan dan dukunganyang telah diberikan kepada peneliti dalam menyusun skripsi ini, terutama kepada :

1. Bapak Dr. H. Asrizal, M.Si sebagai Pembimbing atas segala bantuannya yang tulus ikhlas memberikan bimbingan, arahan, dan saran dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Drs. Hufri, M.Si sebagai dosen penguji skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan dan saran kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.
3. Bapak Yohandri, M. Si., Ph. D sebagai dosen penguji skripsi sekaligus selaku Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu untuk memberikan

4. masukan, kritikan dan saran kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si selaku ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Ibu Syafriani, M.Si, Ph.D selaku ketua Prodi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
7. Orang tua dan keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan baik berupa moril dan spiritual kepada penulis.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
9. Staf Administrasi dan Laboran di Laboratorium Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
10. Rekan-rekan sepenelitian yang telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Peneliti menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan penulisan skripsi ini. Peneliti mengharapkan masukan yang bersifat membangun untuk kesempurnaan laporan selanjutnya. Peneliti berharap semoga laporan skripsi ini membantu mengubah pengetahuan dan pengalaman bagi para pembaca.

Padang, 26 Oktober 2021

Iddya Chazanah

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I <u>P</u> ENDAHULUAN.....	1
A.Latar Belakang Masalah	1
B.Batasan Masalah	7
C.Perumusan Masalah.....	7
D.Tujuan Penelitian	8
E.Manfaat Penelitian	8
BAB II <u>K</u> AJIAN TEORI.....	9
A.Eksperimen	9
B.Gerak Melingkar Beraturan	10
C. <i>Remote Laboratory</i>	14
D.Pengukuran Jarak Jauh.....	16
E.Aplikasi <i>Blynk</i>	18
BAB III <u>M</u> ETODE PENELITIAN.....	20
A.Tempat dan Waktu Pelaksanaan	20
B.Alat dan Bahan	20
C.Jenis Penelitian.....	20

D.Data dan Variabel Penelitian.....	21
E.Prosedur Penelitian	22
F.Teknik Pengumpulan Data	28
G.Teknik Analisis Data.....	28
BAB IV_HASIL DAN PEMBAHASAN	31
A.Hasil Penelitian	31
B.Pembahasan	45
BAB V_PENUTUP.....	50
A.Kesimpulan.....	50
B.Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pada Sumbu O Titik P Berotasi	11
Gambar 2. Titik P Bergerak Melingkar Pada Sumbu O.....	12
Gambar 4. Blok Diagram Pembuatan Sistem Eksperimen Gerak Melingkar	24
Gambar 5. Rancangan Detail Sistem Eksperimen Gerak Melingkar Beraturan	25
Gambar 6. Rancangan Perangkat Lunak Sistem Eksperimen Gerak Melingkar	27
Gambar 7. Sistem Eksperimen Gerak Melingkar Beraturan.....	34
Gambar 8. Rangkaian Pengontrolan Gerak Melingkar Beraturan Digital	35
Gambar 9. Tampilan <i>Blynk</i> Saat Sistem Eksperimen Dijalankan	37
Gambar 10. Hubungan Kecepatan Sudut dengan Frekuensi.....	43
Gambar 11. Hubungan Kecepatan Sudut dengan Kecepatan Linear	44
Gambar 12. Hubungan Kecepatan Sudut dengan Percepatan Sentripetal.....	45

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data Ketepatan Pengukuran Motor <i>Stepper</i> dengan Alat Ukur Standar.....	32
Tabel 2. Data Ketelitian Pengukuran Motor <i>Stepper</i> dengan Alat Ukur Standar	33
Tabel 3. Data Ketepatan Kecepatan Sudut Sistem Eksperimen Gerak Melingkar	40
Tabel 4. Data Ketelitian Kecepatan Sudut Sistem Eksperimen Gerak Melingkar	41
Tabel 5. Data Frekuensi, Kecepatan Linear dan Percepatan Sentripetal	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program Pengontrolan Kecepatan Sudut Motor <i>Stepper</i>	58
Lampiran 2. Cover Depan dan Belakang Panduan Petunjuk Praktikum	69
Lampiran 3. Dokumentasi Sistem Eksperimen Gerak Melingkar Beraturan.....	70
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....	72

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pada abad 21 teknologi terus mengalami perkembangan. Banyak teknologi baru dimunculkan guna mencukupi segala kebutuhan manusia. Seiring dengan perkembangan teknologi diharapkan mampu memberikan manfaat dalam semua bidang tak terkecuali pendidikan. Pendidikan diharapkan mampu menyeimbangi serta dapat memanfaatkan perkembangan teknologi agar dapat membantu segala proses kegiatan pembelajaran (Laila, 2020). Salah satu penggunaan teknologi di dunia pendidikan adalah eksperimen digital.

Kemajuan teknologi memiliki pengaruh dalam proses pembelajaran. Pengaruh tersebut diantaranya yaitu pembelajaran tidak hanya dapat dilakukan di kelas melainkan dapat dilakukan kapan saja dan dimana saja, tidak hanya menggunakan kertas namun dapat dilakukan secara *online* dan fasilitas fisik bisa beralih ke fasilitas kerja. Interaksi mengajar dan belajar tidak hanya dapat dilakukan secara langsung melainkan juga dapat dilakukan menggunakan media *online* (Jamun, 2018).

Terdapat beberapa langkah dalam mewujudkan kesuksesan pengaplikasian teknologi dalam pembelajaran. Langkah-langkah tersebut berupa membuat rancangan web maupun aplikasi yang dapat menyimpan data-data siswa, pemanfaatan audio visual sebagai sarana pembelajaran, pemanfaatan internet sebagai komunikasi jarak jauh untuk saling berbagi informasi dan pemanfaatan laptop maupun komputer dalam melakukan kegiatan pembelajaran. Langkah-

langkah tersebut diharapkan mampu menunjang kegiatan mengajar dan belajar di dunia pendidikan (Cholik, 2017).

Pada akhir tahun 2019 terjadi penyebaran virus baru yang melanda dunia. Covid-19 diketahui pertama kali ditemukan di Wuhan, China dan sampai saat ini terus menyebar. Covid-19 menyebar dengan cepat dan korban yang terinfeksi terus meningkat (Dubey, 2020). Berlandaskan bukti ilmiah, apabila terjadi kontak fisik dengan pasien yang terjangkit Covid-19 maka dapat menularkan virus tersebut (Yurianto, 2020).

Salah satu sektor yang terkena dampak adanya Covid-19 adalah sektor pendidikan. Covid-19 menyebabkan instansi-instansi pendidikan diliburkan. Pemerintah meliburkan instansi pendidikan guna mengurangi penyebaran dan penularan Covid-19 dikalangan para staf pendidik, pelajar dan mahasiswa (Kristina, 2020). Pada dunia pendidikan terdapat dampak yang akan terjadi dalam proses keberlangsungannya. Keluarga di Indonesia kurang familiar dengan adanya sekolah dari rumah. Hal ini berpengaruh terhadap psikologis anak yang terbiasa dengan pembelajaran tatap muka. Dampak lain yang timbul karena adanya Covid-19 yaitu keterbatasan-keterbatasan teknologi yang masih terbatas. Penggunaan teknologi pada daerah tersebut biasanya masih minim (Aji, 2020).

Work From Home (WFH) merupakan salah satu kebijakan pemerintah dalam menyikapi adanya Covid-19. Pembelajaran *online* diterapkan guna keberlangsungan dalam melakukan pendidikan dapat terus dilakukan (Alfiah, 2020). Semua aktivitas-aktivitas yang berhubungan kontak fisik antar manusia sebaiknya dilakukan dari rumah termasuk pendidikan (Yunus, 2020).

Pembelajaran *online* merupakan salah satu langkah dalam menghadapi Covid-19 di dunia pendidikan. Langkah yang dilakukan sebagai penunjang pembelajaran *online* yaitu banyak muncul model serta jenis aplikasi. Aplikasi-aplikasi banyak bermunculan guna menunjang kegiatan belajar dan mengajar dari rumah. Aplikasi-aplikasi tersebut berupa *Whatsapp Group*, *Google Classroom*, *Edmodo*, *Zoom*, *Google Meet*, *Webex*, *Loom*, *Quizizz*, *Duolingo* dan sejenisnya. Penggunaan aplikasi tersebut merupakan salah satu bentuk usaha menyesuaikan diri terhadap keadaan yang sedang dihadapi saat ini (Wilson, 2020).

Solusi-solusi untuk melakukan eksperimen pada pembelajaran *online* sudah dikemukakan. Solusi yang paling banyak digunakan yaitu *virtual laboratorium* yang disajikan dalam bentuk simulasi meskipun hanya laboratorium sebenarnya yang dapat menghasilkan pengalaman secara nyata. Selain *virtual laboratorium*, solusi lainnya berupa video eksperimen dan *kitchen chemistry experiment*. Video eksperimen biasanya melalui video, yang mana eksperimen tersebut hanya dapat diamati melalui *platform* seperti *YouTube* dan sejenisnya. *Kitchen chemistry experiment* adalah eksperimen yang dilakukan sendiri di rumah. Hal ini menyebabkan keterbatasan topik yang dapat dicoba yang sehingga tidak semua eksperimen dapat dilakukan (Frima, 2020).

Pada kondisi nyata berdasarkan tinjauan terhadap Laboratorium Fisika Universitas Negeri Padang ditemui kendala. Eksperimen pada laboratorium umumnya dilakukan secara manual. Eksperimen tersebut dapat dikerjakan apabila pengguna berada di laboratorium. Apabila pengguna berhalangan tidak bisa ke laboratorium maka pengguna harus mencari jadwal pengganti untuk melakukan

kegiatan eksperimen. Covid-19 salah satu penyebab penggunaan sistem eksperimen di laboratorium fisika UNP tidak dapat digunakan.

Penelitian sebelumnya yang berkaitan yaitu pada penelitian Putri (2019). Penelitian yang berjudul pengembangan *tool* pemodelan eksperimen gerak melingkar beraturan dengan pengontrolan laju motor DC berbantuan analisis video *tracker* yang diteliti oleh peneliti merupakan penelitian tentang materi gerak melingkar beraturan. Penelitian ini menggunakan software tracker dalam menganalisis data melalui video yang diambil oleh kamera. Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa yang mengembangkan eksperimen gerak melingkar beraturan menjadi digital. Keterbatasan penelitian ini yaitu kecepatan sudut motor DC tidak stabil pada kecepatan sudut di bawah 50 rpm dan kecepatan sudut diatas 140 rpm. Hasil penelitian ini sudah digital tetapi masih belum bisa digunakan pada jarak yang jauh. Kecepatan sudut dimasukkan masih melalui keyboard. Kekurangan inilah yang membuat penelitian ini kurang efektif apabila diterapkan pada pembelajaran eksperimen gerak melingkar beraturan.

Solusi-solusi tersebut dirasa masih belum cukup dan kurang efektif. Pada pembelajaran sains eksperimen sangat dibutuhkan dalam membuktikan teori. Kesalahpahaman akan terjadi apabila kepehaman terhadap teori rendah khususnya pada gerak melingkar beraturan (Puspitasari, 2020). Kurangnya minat dan perhatian dalam melakukan pembelajaran juga merupakan salah satu kekurangan dari penerapan solusi-solusi tersebut. Hal inilah yang menyebabkan penggunaan aplikasi serta metode eksperimen jarak jauh lainnya dirasa kurang efektif dalam penerapannya. Alternatif lain untuk mengatasi pembelajaran eksperimen ini, yaitu eksperimen jarak jauh (*Remote Laboratory*). *Remote laboratory* digunakan di

dunia pendidikan agar dapat meningkatkan kualitas pembelajaran terutama dalam pembelajaran eksperimen (Tripathi, 2012). Manfaat dari penggunaan internet pada *remote laboratory* adalah agar dapat mengakses sistem eksperimen yang berada pada laboratorium yang sebenarnya (Fabregas, 2011). Pembelajaran menggunakan *remote laboratory* ini akan lebih mendukung keterlibatan serta perhatian dalam melakukan eksperimen (Asrizal, 2020).

Ketertarikan peneliti untuk melakukan penelitian ini yaitu banyaknya aplikasi-aplikasi bermunculan pada saat Covid-19 untuk mempersiapkan diri menghadapi pembelajaran dari rumah. Pembelajaran menggunakan metode *virtual experiment*, *video laboratorium* dan *kitchen chemistry experiment* dilakukan sebagai sarana pengefektifan pembelajaran eksperimen. Banyak bermunculan solusi-solusi penunjang kegiatan ajar dan mengajar, namun hal tersebut dirasa kurang efektif jika dilihat dari kelemahan serta kekurangan yang ada.

Sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* perlu dibuat. Eksperimen gerak melingkar di sekolah biasanya berupa sebuah tali yang diikatkan pada benda lalu diputar menggunakan tangan. Eksperimen yang dilakukan tersebut menyebabkan terjadinya kesalahan-kesalahan saat melakukan eksperimen. Sistem eksperimen gerak melingkar beraturan tersebut dibuat untuk menghindari kesalahan-kesalahan yang dapat terjadi tersebut.

Penggunaan *remote laboratory* ini memiliki keunggulan. Keunggulan penggunaan *remote laboratory* agar pemahaman pengguna terhadap konsep-konsep relatif sama dengan penggunaan laboratorium nyata (Diki, 2020). Kesalahan-kesalahan umum yang dapat terjadi pada laboratorium nyata dapat

dihindari. *Remote laboratory* ini tidak perlu kalibrasi karena *remote laboratory* ini dibuat agar dapat kembali kekeadaan semula.

Penggunaan *blynk* pada *remote laboratory* memiliki keunggulan. Penggunaan *blynk* sangat mudah dalam pengaplikasiannya. Auth pada *blynk* hanya perlu disalin ke program dan sudah dapat digunakan pada jarak yang jauh. *Blynk* juga dapat didesain sesuai dengan keinginan dan kebutuhan. *Blynk* membutuhkan energi dalam mendesainnya. *Blynk* memberikan sebanyak 1000 energi untuk awal pemakaiannya.

Eksperimen gerak melingkar sangat diperlukan. Gerak melingkar sangat berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Konsep gerak melingkar sangat bermanfaat dalam memenuhi kebutuhan manusia. Konsep gerak melingkar memiliki peran penting terutama pada mesin-mesin. Hal inilah yang menyebabkan perlunya pembelajaran materi gerak melingkar.

Penggunaan *blynk* untuk *remote laboratory* memiliki beberapa alasan. Penggunaan *blynk* sangat mudah dan simpel. *Blynk* dapat didesain sesuai dengan kebutuhan. Pada satu tampilan sudah bisa didesain tempat kamera dan tempat untuk *input*. Penggunaan *blynk* juga dapat digunakan semua orang tanpa harus login email pembuat. Mengakses *blynk* dengan menggunakan barcode sudah bisa menjalankannya. Jika pengguna sedang menggunakannya maka pengguna lain juga dapat melihatnya.

Alasan penelitian ini dilakukan yaitu berdasarkan pada kecemasan sistem daring saat adanya Covid-19. Kemajuan teknologi yang terus meningkat diharapkan mampu menyeimbangi dunia pendidikan. Pembelajaran eksperimen tidak hanya dapat dilakukan di sekolah-sekolah melainkan sudah dapat dilakukan

dari mana saja dan kapan saja. Dalam mewujudkan hal tersebut dibutuhkan pengaplikasian kemajuan teknologi yang berkembang saat ini.

B. Batasan Masalah

Agar penelitian tidak menyimpang dari topik yang sudah ditentukan. Pada penelitian ini penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas, sebagai berikut:

1. Kontrol kecepatan sudut motor *stepper* menggunakan *driver* TB6600 dengan NodeMCU ESP 8226.
2. Desain pemodelan sistem eksperimen gerak melingkar beraturan digital mempunyai piringan yang berdiameter 13,2 cm.
3. Penggunaan aplikasi *blynk* sebagai *input* data, penampil data dan penampil pergerakan sistem eksperimen di laboratorium.
4. Penggunaan kamera dengan resolusi 2 megapixel.
5. Skala uji sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* masih skala uji laboratorium.

C. Perumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang ditentukan, dapat diperoleh perumusan masalah dalam penelitian ini. Rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana ketepatan dan ketelitian motor *stepper*
2. Bagaimana spesifikasi performansi dari sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh
3. Bagaimana spesifikasi desain dari sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh

4. Bagaimana hubungan antara besaran fisika dalam gerak melingkar beraturan

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan umum dan beberapa tujuan khusus. Secara umum tujuan penelitian adalah untuk merancang dan membangun laboratorium jarak jauh untuk menunjang kegiatan eksperimen fisika. Tujuan khusus dari penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menentukan ketepatan dan ketelitian motor *stepper*.
2. Menentukan spesifikasi performansi dari sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh .
3. Menentukan spesifikasi desain dari sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh .
4. Menentukan hubungan antara besaran fisika dalam gerak melingkar beraturan.

E. Manfaat Penelitian

1. Peneliti, sebagai syarat agar dapat menyelesaikan program studi fisika S1 dan pengembangan diri dari dalam bidang penelitian fisika.
2. Jurusan fisika, sebagai instrumen yang dapat digunakan di laboratorium.
3. Peneliti lain, sebagai acuan dalam Rancang Bangun Sistem Eksperimen Gerak Melingkar Beraturan dengan *Remote Laboratory* untuk Pengukuran Jarak Jauh.
4. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan wawasan mengenai elektronika dan instrumen.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Eksperimen

Pengertian eksperimen dikemukakan oleh beberapa ahli. Eksperimen merupakan suatu kegiatan bertujuan untuk lebih memahami pembelajaran teori dan praktik. Eksperimen dapat melatih keterampilan serta memberi peluang dalam menerapkan serta mengaplikasikan pengetahuan secara langsung (Nisa, 2017). Eksperimen merupakan situasi yang di dalamnya terdapat paling kurang adanya variabel bebas atau variabel yang bisa dirubah peneliti (Putra, 2018). Ekperimen merupakan suatu cara yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi terkendali (Widiyanto, 2017).

Kegiatan eksperimen memiliki tujuan yang diharapkan tercapai dalam melakukannya. Tujuan dari kegiatan eksperimen yaitu kemampuan mencari dan menemukan jawaban dari permasalahan-permasalahan yang dihadapi. Kegiatan eksperimen ini memungkinkan lebih mudahnya memahami jawaban dari permasalahan yang dihadapi karena kegiatan eksperimen dikerjakan sendiri. Kegiatan eksperimen akan menghasilkan wawasan baru yang didapat berdasarkan pengamatan baru (Anggreani, 2015).

Sistem eksperimen memiliki syarat agar dapat digunakan. Sistem eksperimen merupakan sebuah alat peraga yang memiliki tujuan untuk pengefektifan pembelajaran. Syarat dari alat eksperimen yaitu sesuai dengan konsep fisika serta mudah dipahami dan mudah dalam penggunaannya (Widayanti, 2018). Pada penelitian ini eksperimen yang akan diteliti yaitu ekperimen gerak melingkar beraturan.

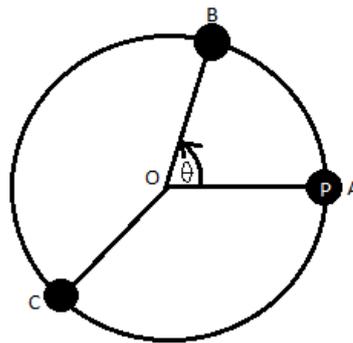
Pada kegiatan eksperimen terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan. Langkah-langkah eksperimen yaitu menjelaskan tentang eksperimen yang akan dilakukan, menentukan langkah-langkah penting dalam melakukan eksperimen, menentukan alat-alat yang akan digunakan dalam kegiatan eksperimen, menentukan langkah-langkah, hal-hal dan variabel-variabel dalam kegiatan eksperimen, mengumpulkan hasil eksperimen (Hendawati, 2017).

B. Gerak Melingkar Beraturan

Pengertian gerak melingkar dikemukakan oleh beberapa ahli. Menurut Sutrisno (1997:20) suatu partikel yang bergerak pada suatu lingkaran dengan laju tetap mempunyai percepatan, meskipun laju tetap akan tetapi vektor kecepatan berubah terus-menerus sehingga gerak lingkaran beraturan yaitu dengan laju tetap. Laju yaitu besar vektor kecepatan sesaat. Menurut Budikase (1997:13) Sebuah benda titik melakukan gerak melingkar dengan laju tetap pada keliling lingkaran dengan titik pusat O dan jari-jari r . Kecepatan pada setiap kedudukan merupakan garis singgung pada keliling lingkaran, karena itu arah kecepatan tentu selalu berubah. Lajunya tetap sedangkan arah kecepatannya berubah itulah yang disebut dengan gerak melingkar beraturan.

Pada kehidupan sehari-hari gerak melingkar dapat dikaitkan dengan beberapa contoh. Prinsip gerak melingkar banyak sekali membantu kehidupan manusia. Contoh gerak melingkar yang sering kita jumpai yaitu gerak pada roda, kipas angin, komedi putar dan sebagainya (Yolenta, 2015). Gerak melingkar juga banyak dijumpai pada mesin-mesin yang tentu sangat memberi manfaat pada kehidupan manusia (Tarisalia, 2020).

Gerak melingkar beraturan memiliki beberapa ciri-ciri. Ciri-ciri gerak melingkar yaitu arah kecepatan geraknya tegak lurus terhadap arah percepatan dengan laju konstan yang lintasannya berbentuk lingkaran. Benda yang bergerak dalam lintasan lingkaran itu arah kecepatannya terus berubah (Karyono, 2009). Gerak melingkar dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pada Sumbu O Titik P Berotasi

Pada Gambar 1 melalui titik O sebuah titik P berputar terhadap sumbu yang tegak lurus terhadap bidang gambar. A ke B titik P bergerak dalam selang waktu (t) setelah pergerakan dari titik P dari A ke B tersebut dapat dilihat berapa besar sudut yang sudah ditempuh adalah θ . Satuan dari posisi sudut (θ) adalah radian (rad) yang mana besar sudut dari 1 putaran yaitu 2θ atau sama dengan 360° . Jika jari-jarinya adalah R dan sudutnya adalah θ yang panjang busurnya adalah s , maka :

$$\theta = \frac{s}{R} \quad (1)$$

Pada Persamaan 1 θ merupakan posisi atau lintas sudut dengan satuan *rad*. Variable s merupakan busur lintasan atau panjang lintasan yang mempunyai satuan meter. Jari-jari yang ditulis dalam variable R mempunyai satuan meter (Sumarsono, 2009)

1. Perioda dan Frekuensi

Frekuensi adalah jumlah putaran per satuan waktu (*sekon*), sedangkan periode merupakan waktu (*sekon*) yang diperlukan untuk mendapatkan 1 putaran. Frekuensi ditulis dalam satuan *Hz* dan periode ditulis dalam satuan . frekuensi dan periode dapat dilihat pada Persamaan 2 dan Persamaan 3.

$$f = \frac{1}{T} \quad (2)$$

$$T = \frac{1}{f} \quad (3)$$

(Sumarsono, 2009).

2. Kecepatan Sudut (ω)

Suatu benda bergerak melingkar mempunyai kecepatan sudut ω . Kecepatan sudut didefinisikan sebagai perubahan posisi sudut yang bergerak melingkar tiap satuan waktu (t). kecepatan sudut dapat dilihat pada Gambar 2 dan Persamaan 4.

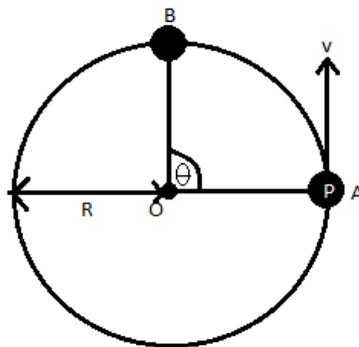
$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad (4)$$

dalam satu periode sudut yang ditempuh suatu benda yang berputar yaitu 2π .

Kecepatan sudut dengan periode dan frekuensi dapat dilihat pada Persamaan 5.

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \text{ atau } \omega = 2\pi f . \quad (5)$$

(Karyono, 2009).



Gambar 2. Titik P Bergerak Melingkar Pada Sumbu O

3. Kecepatan Linear

Kecepatan linear/tangensial (v) merupakan arah berupa arah garis singgung lingkaran. Kecepatan linear/tangensial ditulis dalam satuan m/s dan R merupakan jari-jari lingkaran dari gerak melingkar beraturan. Kecepatan linier dapat dilihat pada Persamaan 6.

$$v = \omega R \quad (6)$$

4. Percepatan Sentripetal (a_s)

Percepatan sentripetal (a_s) adalah percepatan yang selalu mengarah ke pusat lingkaran. Percepatan sentripetal ditulis dalam satuan m/s^2 . Percepatan sentripetal dapat dilihat pada Persamaan 7.

$$a_s = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (7)$$

Δv adalah perubahan kecepatan dalam selang waktu Δt yang pendek. Pertimbangan situasi saat Δt mendekati nol, sehingga didapatkan percepatan sesaat. Persamaan sentripetal dapat dilihat pada Persamaan 8.

$$a_s = \frac{v^2}{R} \quad (8)$$

Dapat disimpulkan bahwa, percepatan sentripetal tergantung pada v dan R . jika semakin besar laju v maka akan semakin cepat pula kecepatan berubah arah dan jika semakin besar pula radius R maka akan semakin lambat kecepatan berubah arah. Vektor kecepatan selalu menuju kearah tangensial terhadap lingkaran sedangkan vektor percepatan menuju kearah pusat lingkaran. Vektor kecepatan dan percepatan tegak lurus satu sama lain pada setiap titik jalurnya untuk gerak melingkar beraturan (Sumarsono, 2009).

5. Gaya Sentripetal

Menurut hukum II Newton, gaya menimbulkan percepatan yang besarnya sebanding dengan besar gaya. Arah percepatan sama dengan arah gaya. Secara matematik hubungan ini dinyatakan ole persamaan:

$$F = ma \quad (9)$$

Pada persamaan ini F adalah vector gaya, m adalah massa benda dan a adalah percepatan yang ditimbulkan oleh gaya itu. Pada gerak melingkar secara teoritik bahwa ada perubahan kecepatan sentripetal yang arahnya selalu menuju ke pusat lingkaran. Karena ada percepatan dan berdasarkan hokum II Newton pada gerak melingkar harus ada gaya yang ke pusat lingkaran.pada benda bergerak melingkar harus ada gaya yang arahnya ke pusat yang disebut gaya sentripetal. Karena untuk gerak melingkar beraturan, persamaan menjadi:

$$F_s = \frac{mv^2}{R} \quad (10)$$

(Budikase, 1997)

C. Remote Laboratory

Para ahli mengemukakan pendapat tentang pengertian *remote laboratory*. *Remote laboratory* merupakan laboratorium yang dapat dikontrol dan diamati dari jarak yang jauh menggunakan internet. Pengguna dapat langsung berinteraksi dengan sistem eksperimen. Berbeda dengan *virtual laboratorium* yang hanya bisa mengamati tanpa bisa melakukan interaksi dengan peralatan di laboratorium (Kustija, 2021). *Remote laboratory* merupakan kegiatan eksperimen yang memungkinkan dapat dilakukan dari jauh oleh pengguna melalui internet (Cooper, 2002).

Remote laboratory memiliki beberapa tujuan dan fungsi. *Remote laboratory* memiliki tujuan yaitu untuk menghindari permasalahan yang bisa terjadi pada laboratorium nyata. Permasalahan-permasalahan yang bisa terjadi tersebut berupa pengulangan melakukan eksperimen. *Remote laboratory* dibuat sedemikian rupa agar mudah untuk kembali ke keadaan semula. Mengurangi permasalahan biaya peralatan juga merupakan salah satu tujuannya. Kesalahan-kesalahan seperti rusaknya peralatan yang tidak disengaja saat penggunaannya bisa dapat dihindari (Fabregas, 2011).

Remote laboratory memiliki beberapa ciri-ciri. Salah satu ciri *remote laboratory* yaitu penggunaan internet dalam penggunaannya. Eksperimen dapat dilakukan kapan dan dimana saja juga merupakan keunggulan dalam menggunakan *remote laboratory*. Ciri lainnya yaitu penggunaan kamera dalam pengaplikasiannya agar dapat melihat pergerakan pada laboratorium yang sebenarnya (Kustija, 2021).

Remote laboratory memiliki beberapa pemanfaatan dalam penggunaan dan pengaplikasiannya. *Remote laboratory* banyak dimanfaatkan dalam bidang sains dan teknik. Pemanfaatan *remote laboratory* digunakan dalam fisika agar dapat melakukan eksperimen jarak jauh. Banyak teori-teori fisika yang membutuhkan eksperimen agar dapat dibuktikan. Pada penelitian ini yaitu eksperimen gerak melingkar beraturan. Pemanfaatan lain untuk mewujudkan efektifitas eksperimen karena jumlah siswa biasanya lebih banyak dari pada fasilitas untuk kegiatan eksperimen pada negara berkembang (Cooper, 2002).

Remote laboratory memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan dalam penggunaannya. Salah satu keunggulan dan keuntungan dari penggunaan

laboratorium jarak jauh yaitu pengguna dapat menggunakannya dimana saja dan kapan saja (Kustija, 2021). Keunggulan lainnya yaitu pengguna tidak lagi melakukan kalibrasi sebelum melakukan kegiatan eksperimen karena sistem eksperimen dengan *remote laboratory* sudah diatur sedemikian rupa agar ketepatan dan ketelitian akurat sehingga tidak ada kesalahan dalam pengukuran. Penggunaan *remote laboratory* juga memiliki kelemahan. Kelemahan tersebut yaitu interaksi tidak langsung menyebabkan kurangnya pengalaman secara nyata dengan sistem eksperimen.

D. Pengukuran Jarak Jauh

Pengukuran jarak jauh merupakan pengukuran yang dapat dilakukan meskipun pada jarak yang jauh. Pengukuran jarak jauh biasanya berbasis IoT. Internet of Things merupakan sebuah konsep yang memungkinkan kehadiran secara luas dalam berbagai objek agar dapat berinteraksi secara langsung meskipun jarak yang jauh sekalipun dengan menggunakan koneksi nirkabel untuk menciptakan aplikasi atau sebuah produk dalam mencapai tujuan bersama. Tujuan dari penggunaan IoT data pengukuran jarak jauh ini yaitu dapat memungkinkan segala sesuatu bisa terkoneksi kapanpun dan dimanapun. Konsep IoT mengarah kepada sesuatu yang bisa diidentifikasi dengan representasi *virtual* dalam struktur internet. Salah satu penggunaan Iot bisa dari modul yang dihubungkan dengan perangkat IoT melalui nirkabel (Vermesan, 2014).

Pengukuran jarak jauh memiliki beberapa tujuan dan fungsi. Tujuan dan fungsi pengukuran jarak jauh yaitu agar sebuah pengontrolan dan pengukuran dapat dilakukan dari jarak jauh. Pengukuran jarak jauh biasanya menggunakan internet dalam melakukan pengukuran maupun pengontrolannya. Pengukuran

jarak jauh bisa menggunakan website, aplikasi dan sejenisnya. Tujuan penggunaan pengontrolan jarak jauh yaitu agar dapat memudahkan pekerjaan manusia. Proses pengukuran dapat dilakukan meskipun pengguna tidak berada ditempat terjadinya pengukuran (Effendy, 2013).

Pengukuran jarak jauh memiliki beberapa ciri-ciri. Ciri-ciri pengukuran jarak jauh yaitu menggunakan sensor. Sensor berguna agar dapat melakukan kontrol secara jarak jauh. Pengukuran jarak jauh dapat dilakukan dimanapun. Pengukuran jarak jauh biasanya menggunakan internet agar dapat melakukan pengukuran. Hasil dari pengukuran jarak jauh bisa berupa data maupun hasil rekaman (Faisal, 2018).

Pengukuran jarak jauh membutuhkan beberapa komponen dalam penerapannya. NodeMCU dalam penelitian ini berperan sebagai penghubung alat dengan internet. NodeMCU merupakan suatu laman yang dalam pembuatannya memakai bahasa pemrograman agar menghasilkan IoT. Penggunaan NodeMCU ESP 8226 ini biasa digunakan untuk penerapan IoT. NodeMCU ini adalah sebuah modul WIFI. Pada pengontrolannya NodeMCU ini menerima masukan dari sebuah sensor yang berupa webserver yang ada pada NodeMCU. Data akan dikirim melalui WIFI apabila ada data yang terbaca oleh NodeMCU. Hal ini memungkinkan penggunaan NodeMCU dari jarak jauh sehingga kapanpun dan dimanapun penggunaannya dapat digunakan (Ayudyana, 2019). Motor *stepper* adalah sebuah motor dc yang tidak memiliki komulatur yang bisa berputar dengan sudut yang dapat divariasikan. Apabila beban yang diberikan ke motor *stepper* terlalu berat maka motor *stepper* tidak dapat bergerak mulus atau hanya diam, hal itu bisa jadi disebabkan oleh tidak cukupnya torsi saat melakukan stepping.

Keadaan stalling dimana rotor sedikit bisa bergerak saat mendapat pulsa tapi jatuh lagi ke posisi awal (Ismaranatasia, 2021). Pada penelitian ini motor *stepper* merupakan komponen yang dikontrol dari jarak jauh. Motor *stepper* dikontrol oleh *driver motor* dalam pengaplikasiannya. *Driver motor* TB6600 merupakan *driver motor stepper* dua fase yang mendukung kecepatan dan bisa mengontrol arah. *Driver motor stepper* TB6600 memiliki beberapa ciri-ciri. Ciri-ciri *driver motor stepper* TB6600 yaitu bisa 8 jenis kontrol untuk saat ini, bisa 7 jenis langkah mikro yang bisa disesuaikan, antar muka mengadopsi isolasi optocoupler berkecepatan tinggi, semi-aliran otomatis untuk mengurangi panas, heat sink area besar, masukan perlindungan anti-mundur, overheat, perlindungan arus lebih dan hubung singkat (Aung, 2019). LCD merupakan salah satu jenis penampil elektronik dengan cara memantulkan cahaya yang berada disekitarnya . LCD ini dibuat dengan menggunakan teknologi CMOS logic. LCD ini dapat menampilkan angka, huruf, karakter dan grafik. LCD merupakan output dari suatu *input* atau sensor yang diproses melalui mikrokontroler (Yuliza, 2015).

E. Aplikasi *Blynk*

Para ahli mengemukakan beberapa pengertian *blynk*. Menurut Prayitno (2017) *blynk* merupakan sebuah layanan yang berguna sebagai pengontrol mikrokontroler yang menggunakan jaringan internet dalam pengaplikasiannya. Penggunaan *blynk* dapat dirancang sesuai dengan kebutuhan saat akan dirancang. Penggunaan *blynk* biasanya diprogram dengan modul wifi. Aplikasi *blynk* ini gratis dan mudah diakses menggunakan *handphone*. Menurut Nasution (2019) *blynk* merupakan sebuah platform yang dapat membangun interface untuk dapat mengendalikan sebuah perangkat keras dari *handphone*.

Penggunaan *blynk* memiliki beberapa tujuan dan kegunaan. Tujuan dari penggunaan *blynk* yaitu dapat mengendalikan modul seperti ESP328, arduino dan sejenisnya. Penggunaan *blynk* menggunakan internet. Penggunaannya dapat diatur dan pengerjaannya mudah. Tujuan lainnya yaitu *blynk* dapat dikontrol dari jarak jauh. Penggunaannya dapat dilakukan dimanapun dan kapanpun (Utara, 2020).

Penerapan penggunaan *blynk* memiliki keunggulan dan kekurangan. Keunggulan dari penggunaan *blynk* yaitu mudahnya program *blynk* dengan mikrokontroler, mudahnya pemasangan pada *handphone*, tampilan bisa disesuaikan dan gratis. Kekurangan dari *blynk* yaitu hanya bisa digunakan pada *handphone* (Prayitno, 2017).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data serta pembahasan terhadap instrumen eksperimen gerak melingkar beraturan dengan pengontrolan kecepatan sudut motor DC ini maka dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil Ketepatan dan ketelitian motor *stepper* jika dibandingkan dengan alat ukur standar yaitu tachometer sudah mendekati nilai yang sebenarnya. Nilai ketepatan motor *stepper* yang diperoleh yaitu rata-rata sebesar 99,77% dengan presentase kesalahan rata-rata sebesar 0,23%. Nilai ketelitian motor *stepper* yang diperoleh yaitu rata-rata sebesar 99,86%. Berdasarkan hasil tersebut, pengontrolan kecepatan sudut motor *stepper* jika dibandingkan dengan tachometer mendekati nilai yang sebenarnya.
2. Hasil spesifikasi performansi dari sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh beraturan terdiri atas kotak yang berukuran 54x43x21 cm yang terpasang sebuah piringan dengan diameter 13,2 cm. Rangkaian pengontrol kecepatan sudut motor *stepper* terdiri atas nodeMCU esp 8266, driver TB6600, *stepdown*, LCD, kamera dan beberapa kabel penghubung.
3. Hasil spesifikasi desain dari sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh terdiri dari ketepatan dan ketelitian. Nilai ketepatan yang diperoleh yaitu rata-rata sebesar 99,63% dengan presentasi kesalahan rata-rata sebesar 0,37%. Nilai ketelitian yang diperoleh pada kecepatan sudut sistem eksperimen.. gerak melingkar beraturan

dengan *remote laboratory* 100 rpm yaitu rata-rata sebesar 99,84% dengan persentase kesalahan rata-rata sebesar 0,16%. Nilai ketelitian yang diperoleh pada kecepatan sudut sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* 150 rpm yaitu rata-rata sebesar 99,97% dengan persentase kesalahan rata-rata sebesar 0,03%. Nilai ketelitian yang diperoleh pada kecepatan sudut sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* 200 rpm yaitu rata-rata sebesar 99,87% dengan persentase kesalahan rata-rata sebesar 0,13%. Berdasarkan hasil tersebut, pengontrolan kecepatan sudut sistem eksperimen gerak melingkar beraturan dengan *remote laboratory* jika dibandingkan dengan tachometer mendekati nilai yang sebenarnya.

4. Hubungan antara besaran fisika dalam gerak melingkar beraturan. Penentuan besaran fisika yaitu pada frekuensi, simpangan dan percepatan sentripetal. Nilai frekuensi akan semakin besar dengan menggunakan nilai kecepatan sudut yang semakin besar. Pengaruh kecepatan sudut dengan kecepatan linear adalah berbanding lurus. Nilai percepatan sentripetal sebanding dengan kuadrat kecepatan sudut.

B. Saran

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan, maka sebagai saran dalam tidak lanjut pengembangan penelitian tentang alat ini sebagai berikut:

1. Sistem eksperimen gerak melingkar dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh dapat dikembangkan agar lebih stabil pada kecepatan sudut dibawah 40 rpm dan pada kecepatan sudut lebih dari 350 rpm, sehingga

pada diinputkan pada kecepatan sudut yang lebih rendah motor dapat berputar dengan lebih stabil.

2. Sistem eksperimen gerak melingkar dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh dapat dikembangkan agar jari-jari bisa dapat divariasikan.
3. Sistem eksperimen gerak melingkar dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh dapat dikembangkan dengan kamera yang lebih bagus sehingga pengguna dapat melihat dengan jelas dan lebih detail pergerakan putaran piringan pada saat melakukan eksperimen.
4. Sistem eksperimen gerak melingkar dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh dapat dikembangkan dengan sistem yang lebih baik sehingga dapat mengetahui siapa yang sedang menggunakannya.
5. Sistem eksperimen gerak melingkar dengan *remote laboratory* untuk pengukuran jarak jauh dapat dikembangkan agar bisa dibatasi waktu pemakaiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, R. H. (2020). Dampak Covid-19 Pada Pendidikan Indonesia: Sekolah, Keterampilan dan Proses Pembelajaran. *Jurnal Sosial & Budaya, Vol.7, No.5*, 395-402.
- Alfiah, L. N., Rokhim, D. A., & W, I. A. (2020). Analisis Dampak Anjuran Pemerintah Terhadap Belajar Di Rumah Bagi Pelaku Pendidikan. *Jurnal Administrasi dan Manajemen Pendidikan, Vol. 3, No.3*, 216-223.
- Anggreani, C. (2015). Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Melalui Metode Eksperimen Berbasis Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Usia Dini, Vol.9, Edisi 2*, 343-360.
- Asrizal, Desnita, & Dervina, Y. (2020). Analysis of Validity and Practicality Test of Physics Enrichment. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-8.
- Aung, E. E. (2019). Single Axis Solar Tracking System. *International Journal of Science and Engineering Applications, VIII(8)*.
- Ayudhana, V., & Asrizal. (2019). Rancang Bangun Sistem Pengontrolan PH Larutan Untuk Budidaya Tanaman Hidroponik Berbasis Internet of Things. *Pillar of Physics, 12*, 53-60.
- Budikase, E., & Kertiasa, N. (1997). *Fisika 2 untuk Sekolah Menengah Umum Kelas 2*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Cholik, C. A. (2017). Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi Untuk Meningkatkan Pendidikan Indonesia. *Jurnal Ilmiah Indonesia, Vol.2, No.5*, 21-30.
- Cooper, M., Donnelly, A., & Ferreira, J. (2002). Remote Controlled Experiments For Teaching Over The Internet: A Comparision Of Approaches Developed In The Pearl Project.
- Coper, W. (1999). *Instrumentasi Elektronika dan Teknik Pengukuran*. Jakarta: Erlangga.
- Diki, D., Handayani, S. K., & Dwisatyadini, M. (2020). Design of Remote Laboratory at the Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Terbuka

- Dubey, A. D., & Tripathi, S. (2020). Analysing the Sentiments towards Work-From-Home Experience During Covid-19 Pandemic. *Jurnal of Innovation Management, Vol. 8, No.1*, 13-19.
- Effendy, M. (2013). Desain Implementasi Pemantauan Jarak Jauh (Remote Monitoring) Pada Sistem Hibrid PLTMH-PLTS UMM (Universitas Muhammadiyah Malang) Berbasis WEB. *Jurnal Transmisi, Vol.15, No.2* , 54-59.
- Fabregas, E., Farias, G., Dormido, S., & Esquembre, F. (2011). Developing A Remote Laboratory For Engineering Education.
- Faisal, F., Mardianto, E., & Muzzakir, T. (2018). Penerapan Raspberry Pi untuk Pengukuran Jarak Jauh Terhadap Potensi Energi Angin . *Vol.13, No.2*, 84-89.
- Frima, F. K., Novita, S., Nurfaizin, M. R., Widodo, R., & Husen, M. (2020). Penerapan Praktikum Jarak Jauh Pada Topik Pertumbuhan Mikroba Dalam Masa Darurat COVID-19 Di Institusi Teknologi Sumatera. *Jurnal Pendidikan Sains (JPS) Vol 8 No 2*, 103.
- Giancoli, D.C. (1998). *Fisika Jilid 1. Edisi ketujuh*. Jakarta: Erlangga
- Hendawati, Y., & Kurniati, C. (2017). Penerapan Metode Eksperimen Terhadap Pemahaman Konsep Siswa Kelas V PAda MAteri Gaya dan Pemanfaatannya. *Vol.13, No.1*, 15-25.
- Ismaranatasia, W., Setiawan, B., & Subiyantoro. (2021). Kendali Motor Stepper untuk Pergerakan Sumbu X, Y, Z pada 3D Printer Simetris Bilateral. *Jurnal Elkolind, VIII(2)*.
- Jamun, Y. M. (2018). Dampak Teknologi Terhadap Pendidikan. *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan Missio, Vol.10, No.1*, 48-52.
- Karyono, Palupi, D. S., & Suharyanto. (2009). *Fisika: Untuk SMA dan MA Kelas X*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Kirkup, L. (1996). *Experimental Method An Introduction to The Analisis and Presentation of Data*. (W. John, & Sons, Eds.) Australia.
- Kristina, M., Sari, R. N., & Nagara, E. S. (2020). Model Pelaksanaan Pembelajaran Daring pada Masa Pandemi COVID-19 Di Provinsi Lampung. *Jurnal Idaarah, Vol. IV, No. 2, IV*.

- Kustija, J., Ana, A., & Jayanto, N. D. (2021). Web-Based and Thinvc Remote Laboratory Implementation To Support Students Skills In Mechatronics Course To Face The Industrial Revolution 4.0. *Journal of Engineering Science and Technology Vol. 16, No. 2*.
- Laila, R., & Asrizal. (2020). Analysis Of Need For Development Of Physics Teaching Materials Assisted By A Learning House Portal Integrating STEM And Contextual Models To Improve Student Digital Literac. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-6.
- Nallaperumal, K. (2014). *Engineering Research Methodology-A Computer Science and Engineering and Information and Communication*. New Delhi: PHI Learning Private Limited .
- Nasution, A. H., Indriani, S., Fadhilah, N., Arifin, C., & Tamba, S. P. (2019). Pengontrolan Lampu Jarak Jauh Dengan NodeMCU Menggunakan Blynk. *Jurnal TEKINKOM, Vol.2, No.1*, 93-98.
- Nisa, U. M. (2017). Metode Praktikum untuk Meningkatkan Pemahaman dan Hasil Belajar Siswa Kelas V MI YPPI 1945 Babat pada Materi Zat Tunggal dan Campuran. *Vol.14, No.1*, 62-68.
- Prayitno, W. A., Muttaqin, A., & Syauqy, D. (2017). Sistem Monotoring Suhu, Kelembaban, dan Pengendali Penyiraman Tanaman Hidroponik Menggunakan Blynk Android. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol.1, No.4*, 292-297.
- Puspitasari, R., Mufit, F., & Asrizal. (2020). Conditions of Learning Physics and Students Understanding of the Concept of Motion During the Covid-19 Pandemi. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-11.
- Putra, A. (2018). Pengaruh Metode Pembelajaran Terhadap Hasil Belajar IPS Siswa Kelas IV Sekolah Dasar. *Jurnal Ilmu-Ilmu Sejarah, Sosial, Budaya dan Kependidikan, Vol.5, No.1*, 67-74.
- Putri, C. (2019). Pengembangan Tool Pemodelan Eksperimen Gerak Melingkar Beraturan dengan Pengontrolan Laju Motor DC Berbantuan Analisis Video Tracker. *Pillar of Physics, Vol.12, No.2*, 61-69.

- Saputro, H. D, Madlazim. (2020). Validitas Alat Praktikum Rotation Sped Berbasis Microcontroller Pada Materi Gerak Melingkar Beraturan. *IPF: Inovasi Pendidikan Fisika, Vol.9, No.3*, 394-399.
- Sumarsono, J. (2009). *Fisika: Untuk SMA/MA Kelas X*. (D. Nuraini, Ed.) Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- Sutrisno. (1977). *Fisika Dasar: Mekanika Dalam Jilid 2*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Tarisalia, F. S., Irawan, I. D., & Fis, T. N. (2020). Studi Pustaka Miskonsepsi Siswa dalam Konsep Gerak Lurus, Gerak Parabola dan Gerak Melingkar. *Jurnal Kependidikan Betara (JKB), Vol.1, No.4*, 208-217.
- Tripathi, P. K., M, J. M., & Gangadharan, K. V. (2012). Design and Implementation of Web Based Remote Laboratory for Engineering Education. *International Journal of Engineering and Technology, II(2)*.
- Umar, F. (1994). Metodologi Penelitian Untuk Insinyur.
- Utara, G. S., Wirastuti, N. M., & Setiawan, W. (2020). Prototipe Monitoring Suhu Ruangan dan Detektor Gas Bocor Berbasis Aplikasi Blink. *Jurnal Spektrum, Vol.7, No.2*.
- Vermesan, O., & Friess, P. (Eds.). (2014). *Internet of Things-From Research and Innovation to Market Deployment*. Denmark: River Publisher Series in Communication.
- Widayanti, & Yuberti. (2018). Pengembangan Alat Praktikum Sederhana Sebagai Media Praktikum Mahasiswa. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah, Vol.2, No.1*, 21-27.
- Widiyanto, S. (2017). Pengaruh Metode Student Teams Achievement Division (STAD) dan Pemahaman Struktur Kalimat Terhadap Keterampilan Menulis Narasi. *Jurnal Pendidikan, Vol 8, No.1*, 82-89.
- Wilson, A. (2020). Penerapan Metode Pembelajaran Daring (Online) Melalui Aplikasi Berbasis Android Saat Pandemi Global. *SAP (Susunan Artikel Pendidikan), Vol.V, No.1, V*, 68.
- Yolenta, D., Sutrisno, L., & Haratua. (2015). Deskripsi Miskonsepsi Siswa SMA Sekecamatan Kapuas Tentang Gerak Melingkar Beraturan Menggunakan Three-Tier Test. *Vol.4, No.3*, 1-7.

- Yuliza, & Kholifah, U. N. (2015). Robot Pembersih Lantai Berbasis Arduino Uno dengan Sensor Ultrasonik. *Junal Teknologi Elektro*, VI(3), 136-143.
- Yunus, N. R., & Rezki, A. (2020). Kebijakan Pemberlakuan Lockdown Sebagai Antisipasi Penyebaran CoronaVirusCovid-19. *Jurnal Sosial & Budaya Syar-i*, Vol.7, No. 3.
- Yurianto, A., & Wibowo, B. (2020, Maret 27). Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Coronavirus Disease (COVID-19). (L. Aziza, A. Aqmarina, & M. Ihsan, Eds.) pp. 11-12.