

**PEMBUATAN *TOOL* PEMODELAN EKSPERIMEN RODA
BERHUBUNGAN DENGAN PENGONTROLAN
LAJU UNTUK ANALISIS VIDEO *TRACKER***

SKRIPSI

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



Oleh:

HARVIYANI

NIM. 15034035/2015

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2021

PERSETUJUAN SKRIPSI

**PEMBUATAN *TOOL* PEMODELAN EKSPERIMEN RODA
BERHUBUNGAN DENGAN PENGONTROLAN
LAJU UNTUK ANALISIS VIDEO *TRACKER***

Nama : Harviyani
Nim : 15034035
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

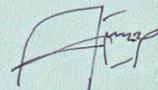
Padang, Februari 2021

Mengetahui:
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si
NIP. 199601201993032002

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Dr. H. Asrizal, M.Si
NIP. 19660603 199203 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Harviyani
Nim : 15034035
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**PEMBUATAN *TOOL* PEMODELAN EKSPERIMEN RODA
BERHUBUNGAN DENGAN PENGONTROLAN
LAJU UNTUK ANALISIS *VIDEO TRACKER***

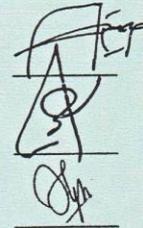
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, Februari 2021

Tim Penguji

	Nama
Ketua	: Dr. Asrizal, M.Si.
Anggota	: Dr. Yulkifli, M.Si.
Anggota	: Dra. Hidayati, M.Si.

Tanda tangan



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul "Pembuatan *Tool* Pemodelan Eksperimen Roda Berhubungan dengan Pengontrolan Laju untuk Analisis *Video Tracker*", adalah asli karya saya sendiri.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya, tanpa bantuan pihak lain, kecuali pembimbing.
3. Di dalam karya tulis ini, tidak dapat 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 pada kepustakaan.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan di dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan yang berlaku

Padang, Februari 2021
Yang Membuat Pernyataan



Harviyani
NIM. 15034035

Pembuatan *Tool* Pemodelan Eksperimen Roda Berhubungan dengan Pengontrolan Laju untuk Analisis *Video Tracker*

Harviyani

ABSTRAK

Kemajuan ilmu saat ini sangat dipacu oleh lahirnya sains dan teknologi komputer. Salah satu ciri yang paling menonjol adalah semakin bertautnya dunia ilmu pengetahuan, sehingga sinergi diantaranya menjadi semakin cepat. Konsep yang dijelaskan dalam Fisika dapat menjadi dasar pengembangan disiplin ilmu baru. Penelitian fisika berbeda dengan ilmu lainnya, karena terdapat pemisahan antara teori dengan eksperimen. Teori dapat menjelaskan hasil dari eksperimen yang telah dilakukan dan eksperimen selanjutnya. Observasi membuktikan bahwa kegiatan eksperimen menggunakan alat manual masih memiliki banyak kekurangan. Parameter fisika yang dapat ditampilkan masih sedikit sehingga menjadi kelemahannya. Masalah ini dapat diatasi dengan *tool* pemodelan yang dianalisis videonya menggunakan *tracker*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ketepatan, ketelitian dan resolusi pengontrolan laju motor *DC*, menentukan spesifikasi performansi *tool* pemodelan eksperimen gerak melingkar roda berhubungan, menentukan ketepatan dan ketelitian *tool* pemodelan gerak melingkar roda berhubungan, menentukan besaran fisika dan pengaruhnya pada masing-masing hubungan roda *tool* pemodelan gerak melingkar roda berhubungan.

Penelitian ini tergolong ke dalam metode penelitian Eksperimen Laboratorium (*Laboratory Experiment*). Eksperimen Laboratorium merupakan penelitian yang menerapkan ilmu pengetahuan menjadi suatu rancangan guna mendapatkan kinerja sesuai dengan yang diharapkan. Pengukuran langsung dilakukan dengan memvariasikan kelajuan dan jenis hubungan roda. Pengukuran tidak langsung dilakukan dengan cara analisis menggunakan *software tracker* dengan data yang dihasilkan adalah kecepatan linear dan kecepatan sudut.

Analisis data yang dilakukan mengemukakan empat hasil penelitian. Pertama spesifikasi performansi yang terdiri dari sebuah *tool* pemodelan gerak melingkar roda berhubungan dengan panjang 35 cm, lebar 5 cm dan tinggi 20 cm dengan pengontrolan laju motor *DC*. Kedua, nilai rata-rata ketepatan dan ketelitian pengontrolan laju motor *DC* masing-masing sebesar 99.06% dan 99.55%. Ketiga, Nilai ketepatan untuk kecepatan linier adalah 99,35% , ketepatan pada kecepatan sudut bernilai 99.63%, dan nilai ketelitian masing-masing hubungan > 95%. Keempat, Roda bersinggungan memiliki nilai kecepatan linear sama, nilai kecepatan sudut berbeda dan arah perputaran roda berlawanan. Roda sepusat memiliki kecepatan linear berbeda, nilai kecepatan sudut dan arah perputaran roda sama. Roda dihubungkan dengan tali memiliki nilai kecepatan linear dan arah perputaran roda yang sama, nilai kecepatan sudut berbeda.

Kata Kunci : Gerak Melingkar roda berhubungan, Pengontrolan Laju, Analisis Video, *Software Tracker*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur diucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Judul dari penelitian ini adalah “Pembuatan *Tool* Pemodelan Eksperimen Roda Berhubungan dengan Pengontrolan Laju untuk Analisis *Video Tracker*”.

Penelitian ini diselesaikan atas bantuan dari berbagai pihak. Dengan alasan ini Peneliti mengucapkan terima kasih atas segala bantuan yang telah diberikan kepada Peneliti, 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 Dr. Yulkifli, M. Si. dan Ibu Dra. Hidayati, M.Si. sebagai dosen penguji skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan masukan, kritikan dan pandangan kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini
3. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M.Si. sebagai Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
4. Ibu Syafriani, M. Si., Ph. D. sebagai Ketua Program Studi Fisika Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang Staf administrasi dan Laboran

dilaboratorium Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Padang

6. Ayahanda Muslim, Ibunda Halimah, serta Adinda Herviyana untuk kasih dan sayang yang pernah dicurahkan kepada Peneliti
7. Sahabat Primanora Ananda, Yofita Sari, Yelni Aprina serta rekan di kos 5 saudara yang selalu memberi semangat kepada Peneliti
8. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Fisika FMIPA UNP khususnya angkatan 2015 yang telah membantu berjuang hingga akhir

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berjasa dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Kritik dan saran yang bersifat membangun selalu diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat berguna sebagaimana mestinya.

Padang, November 2020

Harviyani

DAFTAR ISI

Halaman

{ TOC \o "1-3" \h \z \u }

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. { TOC \h \z \c "Tabel" }

DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

1. { TOC \h \z \a "Gambar" }

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. { TOC \h \z \a "Lampiran" }{ TOC \h \z \a "Lampiran" }	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Sains menjelaskan tentang gejala-gejala alam secara terukur yang menjadi basis atau dasar pengembangan teknologi saat ini. Kemajuan ilmu saat ini sangat dipacu oleh lahirnya sains dan teknologi komputer. Salah satu ciri yang paling menonjol adalah semakin bertautnya dunia ilmu pengetahuan, sehingga sinergi diantaranya menjadi semakin cepat. Contohnya saja dalam bidang pendidikan, di mana saat ini ruang dan waktu bukan lagi menjadi faktor penghambat untuk mengakses pendidikan (Wijaya, 2016).

Semua fenomena alam yang terjadi, dapat dikaji dengan fisika baik fenomena yang dapat dilihat, dirasakan, maupun yang didengar. Fisika tidak hanya pengetahuan yang berupa fakta dan konsep akan tetapi juga berupa penemuan. Konsep yang dijelaskan dalam Fisika dapat menjadi dasar pengembangan disiplin ilmu baru. Ilmuan dari segala disiplin ilmu memanfaatkan ide-ide dari Fisika, mulai dari ahli kimia yang mempelajari struktur molekul sampai dengan para insinyur yang menggunakan prinsip-prinsip fisika dalam merancang berbagai peralatan teknologi canggih (Darmawati, 2014).

Salah satu pembahasan dalam fisika adalah gerak rotasi bumi yang menyebabkan terjadinya siang dan malam. Siang terjadi saat sebagian permukaan bumi terkena cahaya matahari karena sedang pada posisi menghadap matahari. Sementara malam terjadi saat sebagian bumi yang lain pada posisi membelakangi matahari sehingga tidak terkena cahaya matahari. Gerak rotasi bumi adalah gerak

yang mengelilingi sumbu yang melalui kutub utara dan selatan sehingga di kedua titik kutub kecepatan putar bumi adalah nol. Kecepatan putar bumi akan semakin berkurang saat mendekati posisi kutub, sehingga kecepatan gerak rotasi terbesar bumi adalah di katulistiwa. Bumi berotasi 1 putaran selama 23 jam 56 menit (24 jam) yang artinya bumi bergerak dengan kecepatan 0.5 km/dt. Gerak rotasi bumi dapat disimpulkan memenuhi syarat GMB, yaitu memiliki poros, memiliki kecepatan putar, memiliki arah putar serata percepatan yang konstan (tidak memiliki percepatan $a=0$).

Landasan tercipta teknologi-teknologi baru yang dibutuhkan untuk menunjang kehidupan manusia. Gejala alam tersebut dapat diketahui bahwa gerak melingkar sangat penting dalam kehidupan dan sering ditemui. Benda-benda yang bekerja dengan prinsip gerak melingkar berhubungan banyak ditemukan di kehidupan sehari-hari. Banyak teknologi yang sangat dibutuhkan manusia tercipta dari prinsip kerja gerak melingkar roda berhubungan. Gerak melingkar roda berhubungan memiliki tiga aplikasi, pertama roda sepusat yang bisa kita amati aplikasinya pada kipas angin yang memiliki perputaran baling-baling yang searah. Kedua roda bersinggungan yang dapat kita amati pada roda *rollcoaster* di mana arah putarannya berlawanan. Ketiga roda berhubungan dengan tali. Contohnya pada katrol untuk menimba air, dua atau lebih katrol saling dihubungkan menggunakan seutas tali sehingga beban yang ditarik terasa tidak terlalu berat. Teknologi yang lebih rumit lain pun banyak tercipta dengan mengaplikasikan prinsip kerja gerak melingkar roda berhubungan salah satunya adalah perputaran baling-baling helikopter.

Penelitian fisika berbeda dengan ilmu lainnya, karena terdapat pemisahan antara teori dengan eksperimen. Teori dapat menjelaskan hasil dari eksperimen yang telah dilakukan dan eksperimen selanjutnya. Sementara eksperimen untuk mengetahui proses dan gejala sebuah fenomena dan untuk membuktikan kebenaran dari teori. Ilmu fisika mampu menjelaskan bagaimana prinsip kerja-kerja dunia. Di samping itu fisika juga mampu menjelaskan hubungan besaran-besaran di dunia nyata (Halliday, 2011). Teori dapat menjelaskan hasil dari eksperimen yang telah dilakukan dan hasil eksperimen selanjutnya. Sementara eksperimen berfungsi untuk mengetahui proses dan gejala sebuah fenomena dan untuk membuktikan kebenaran dari teori. Fisika juga mampu menjelaskan hubungan antara besaran-besaran di dunia nyata (Asrizal, 2012). Hakikat dari fisika adalah untuk mendeskripsikan dan memverifikasi hubungan antara besaran-besaran fisika. Hubungan-hubungan tersebut sering sederhana (Young, 2012). Untuk membuktikan kebenaran dari suatu hubungan antara besaran fisika dan nilai parameter yang belum diketahui dapat ditentukan melalui eksperimen. Deskripsi dan verifikasi dari suatu fenomena fisika erat kaitannya dengan eksperimen (Asrizal, 2018). Hal ini menjadi alasan kuat atas perkembangan sangat pesat ilmu fisika yang didapat dari hasil eksperimen-eksperimen.

Eksperimen gerak benda banyak dilakukan untuk mengembangkan teknologi-teknologi baru. Konsep-konsep dalam mekanika merupakan dasar dari ilmu Fisika yang lain dan sebagian besar konsep mekanika berkaitan dengan berbagai fenomena fisik dalam kehidupan sehari-hari (Sutopo, 2012). Mekanika dasar yang dipelajari salah satunya adalah gerak lurus. Contoh aplikasi gerak lurus

adalah pada pesawat *atwood* untuk membuktikan karakteristik gerak lurus berubah beraturan (GLBB) dan karakteristik gerak lurus beraturan (GLB) dengan menggunakan set alat pesawat *atwood* (Nugraha, 2017).

Fenomena benda gerak melingkar dapat dibuktikan dengan sebuah eksperimen. Sebuah benda diikatkan pada seutas tali dan dihubungkan dengan sebuah tabung putar. Ketika tabung putar diaktifkan, maka benda akan berputar membentuk lintasan. Dengan mengetahui panjang tali dan massa benda dapat ditentukan gaya yang bekerja. Jika tali diputar horizontal, gaya sentripetal hanya diwakili oleh gaya tegangan tali. Gaya berat (w) tidak memiliki proyeksi pada arah horizontal, sehingga gaya berat tidak diperhitungkan. Jika tali diputar secara vertikal, gaya berat akan mempengaruhi gaya sentripetal. Di setiap titik lintasan gaya tegangan tali dapat ditentukan besarnya. Gaya tegangan tali bernilai maksimum apabila benda berada *di titik* terendah, dan bernilai minimum pada saat benda berada *di titik* tertinggi.

Gerak melingkar roda berhubungan dapat diamati dari katrol yang dihubungkan dengan seutas tali. Salah satu contoh teknologi yang sering kita gunakan sehari-hari yang menggunakan prinsip gerak melingkar adalah jam dinding. Ketiga jarumnya akan berputar dengan kecepatan yang berbeda karena masing-masing jarum jam menunjukkan waktu yang berbeda (detik, menit dan jam). Poros jarum jam yang berperan sebagai pusat lingkaran sementara jarum jam akan berputar beraturan sesuai dengan fungsi waktu dari masing-masing jarum. Prinsip kerja perputaran jarum jam adalah menggunakan gerak melingkar roda berhubungan sepusat.

Berdasarkan uraian-uraian mengenai pentingnya eksperimen fisika tersebut, maka fisika seharusnya menjadi salah pelajaran yang disenangi dikarenakan banyaknya eksperimen yang dapat dilakukan. Namun pada kenyataannya belum sesuai dengan yang diharapkan. Salah satu faktor yang membuat kurangnya ketertarikan siswa terhadap fisika adalah eksperimen fisika masih sangat minim dilakukan karena alat eksperimen yang tidak memadai. Hal demikian yang membuat ketertarikan terhadap fisika sangat minim. Untuk dari itu diperlukan penambah variasi dan kelengkapan alat eksperimen. Eksperimen juga meningkatkan pemahaman dan kreativitas siswa (Asrizal, 2018).

Kegiatan eksperimen *disekolah* menengah terkadang banyak mengalami kendala. Informasi mengenai peralatan eksperimen yang terdapat *dilaboratorium* SMAN 1 Kabupaten Agam melalui diskusi dengan guru yaitu masih kurangnya peralatan atau alat yang dapat digunakan, adanya keterbatasan waktu melakukan eksperimen (Asrizal, 2018). Kondisi nyata yang ditemukan tidak sesuai dengan kondisi ideal. Hal ini diketahui melalui tiga studi awal yang telah dilakukan. Kondisi nyata pertama berhubungan dengan penggunaan alat eksperimen gerak melingkar roda berhubungan *dilaboratorium* Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang. Melalui wawancara dengan laboran, diketahui bahwa seringkali materi gerak melingkar disampaikan melalui kajian teori dan mengandalkan eksperimen *laboratorium virtual*. Alat eksperimen gerak melingkar roda berhubungan belum layak untuk digunakan dalam kegiatan praktikum *dilaboratorium*. Untuk pemahaman lebih dalam materi gerak melingkar roda berhubungan hanya dikaitkan dengan contoh-contoh yang dapat ditemui sehari-hari. Tanpa melakukan

kegiatan *eksperimen* langsung untuk menjelaskan fenomena pada gerak melingkar berhubungan. Mengatasi hal tersebut beberapa eksperimen lain dapat dilakukan pemutaran video yang berkaitan dengan materi gerak melingkar berhubungan.

Kondisi nyata kedua didapat dari hasil wawancara dengan guru dan siswa di dua sekolah yaitu di SMAN 8 Padang dan SMA Pembangunan Laboratorium UNP. Berdasarkan hasil wawancara disekolah menengah atas, alat eksperimen gerak melingkar roda berhubungan tidak tersedia *dilaboratorium-laboratorium* sekolah. Observasi yang dilakukan di SMAN 8 Padang dan SMA Pembangunan Laboratorium UNP materi mengenai gerak melingkar terutama gerak melingkar berhubungan, diajarkan secara teoritis. Materi diajarkan bergantung pada buku ajar yang dimiliki. Untuk menambah pemahaman siswa, materi dikaitkan dengan benda yang sering ditemui di kehidupan sehari-hari. Metode lain yang digunakan guru adalah dengan belajar melalui simulasi video. Karena tidak adanya eksperimen nyata yang dapat dilakukan siswa secara langsung, ini berdampak kurangnya pemahaman siswa pada materi gerak melingkar roda berhubungan.

Kondisi nyata ketiga berhubungan dengan informasi alat eksperimen gerak melingkar roda berhubungan dari internet dan sumber lain. Penelusuran juga dilakukan di buku-buku literatur fisika SMA kelas X serta observasi melalui media lain, alat eksperimen gerak melingkar roda berhubungan yang ditemui, kebanyakan beroperasi secara manual. Alat ini pun umumnya diajarkan melalui kegiatan demonstrasi oleh guru di depan kelas karena jumlah alat eksperimen yang tersedia tidak memadai *dilaboratorium* sekolah. Kebanyakan siswa tidak mencoba langsung alat eksperimen tersebut. Pemahaman siswa terhadap materi tentunya

akan lebih baik jika teori diiringi dengan kegiatan praktikum dapat dilakukan *disekolah* dengan alat yang tersedia *disekolah*.

Kegiatan eksperimen dapat dilakukan dalam setiap kegiatan pembelajaran. Namun, kegiatan eksperimen dapat digantikan dengan memanfaatkan media percobaan virtual di komputer sebagai pengganti percobaan nyata. Pembelajaran fisika dengan memanfaatkan video kejadian fisika memungkinkan peneliti atau siswa untuk menggali konsep fisika melalui kegiatan analisis. Pada gerak melingkar pada roda berhubungan dapat kita amati bagaimana pergerakannya yang konstan. Namun jika lakukan secara langsung, pergerakannya sulit untuk diamati. Aplikasi yang dapat dengan mudah memperhitungkan gerak dengan data yang lebih terukur sangat dibutuhkan. Saat ini sudah ada sebuah program yang membantu dalam menganalisis sebuah gerak yang sulit jika diamati secara langsung. Program tersebut adalah *Software Tracker* yang kerangka kerjanya didasari *Java* (Wee, 2015).

Software Tracker dapat digunakan untuk menganalisis video gerak dari suatu benda. Pada pembelajaran fisika, analisis gerak benda menggunakan *Software Tracker* memberikan beberapa kemudahan dan keuntungan. Dikarenakan adanya permasalahan guru-guru dalam menjelaskan parameter-parameter fisika yang terkait dalam materi gerak melingkar khususnya roda berhubungan baik saat eksperimen *dilaboratorium* maupun saat pemberian teori, maka salah satu alternatif dari pemecahan masalah tersebut adalah menggunakan analisis video dan *tool* pemodelan. Pemodelan ini membantu memaksimalkan pembelajaran fisika dalam bahasan gerak melingkar roda berhubungan.

Analisis video eksperimen menggunakan *tracker* memiliki kelebihan dan kemudahan lain. Diantaranya, hasil analisis bisa ditampilkan melalui grafik, variabel fisika yang tersedia juga banyak, bahkan kita bisa menambahkan variabel baru. Berdasarkan keunggulan analisis video *tracker* serta permasalahan-permasalahan yang telah diuraikan menjadi daya tarik untuk mengembangkan pemodelan alat eksperimen gerak melingkar roda berhubungan. Disisi lain, adanya *software* yang dapat digunakan dalam menganalisis gerak dengan penggunaan yang mudah seperti *Software Tracker* menjadi poin lebih dari penelitian ini. Oleh karena itu, peneliti tertarik mengangkat judul penelitian tentang “Pembuatan *Tool* Pemodelan Eksperimen Roda Berhubungan dengan Pengontrolan Laju untuk Analisis Video *Tracker*”.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah didapat beberapa perumusan masalah dalam penelitian ini. Rumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana ketepatan, ketelitian, dan resolusi hasil pengontrolan laju motor *DC* pada set eksperimen gerak melingkar roda berhubungan?
2. Bagaimana spesifikasi performansi *tool* pemodelan eksperimen gerak melingkar roda berhubungan?
3. Bagaimana ketepatan dan ketelitian hasil *tool* pemodelan set eksperimen gerak melingkar roda berhubungan dengan analisis video *tracker*?
4. Bagaimana hasil analisis *tracker* eksperimen dari roda berhubungan, roda sepusat, dan roda dihubungkan dengan tali?

C. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini diperlukan batasan masalah untuk memperjelas arah kajian dan agar penelitian ini tidak menyimpang dari topik. Berikut pembatasan masalah yang akan dikaji:

1. Pengontrolan kelajuan motor *DC* menggunakan motor *DC* dengan mikrokontroler *Arduino* Mega.
2. Pembuatan desain *tool* pemodelan gerak melingkar roda sepusat, roda bersinggungan, dan roda yang dihubungkan dengan tali
3. Menganalisis besaran fisika terkait gerak melingkar roda sepusat, roda bersinggungan, dan roda yang dihubungkan dengan tali

D. Tujuan Penelitian

Sebuah penelitian memiliki sasaran yang akan dicapai yang menjadi tujuan sebuah penulisan. Tujuan dalam penelitian roda berhubungan ini sebagai berikut:

1. Menentukan spesifikasi performansi *tool* pemodelan eksperimen gerak melingkar roda berhubungan
2. Menentukan ketepatan, ketelitian, dan resolusi hasil pengontrolan laju motor *DC* pada set eksperimen gerak melingkar roda berhubungan
3. Menentukan ketepatan dan ketelitian *tool* pemodelan set eksperimen gerak melingkar roda berhubungan dengan analisis *video tracker*
4. Menentukan hasil analisis *tracker* eksperimen dari roda berhubungan, roda sepusat, dan roda dihubungkan dengan tali

E. Manfaat Penelitian

Diharapkan sebuah penelitian yang dilakukan ini dapat memberikan manfaat.

Manfaat penelitian ini diharapkan tersampaikan kepada:

1. Peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi S1 fisika dan sarana pengembangan diri dalam bidang penelitian fisika
2. Jurusan fisika, sebagai instrumen yang dapat digunakan dan dikembangkan pada laboratorium
3. Peneliti lain, sebagai acuan dalam Pembuatan *Tool* Pemodelan Eksperimen Roda Berhubungan dengan Pengontrolan Laju untuk Analisis Video *Tracker* serta memahami karakteristik gerak melingkar roda berhubungan
4. Pembaca, sebagai penambah pengetahuan dan wawasan mengenai elektronika dan instrumentasi

BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Analisis Video dan *Tool* Pemodelan

Analisis video kejadian fisika merupakan kegiatan analisis yang dilakukan pada suatu video kejadian fisika untuk memahami konsep yang terdapat pada video kejadian fisika tersebut. Analisis video kejadian fisika, berguna untuk membuktikan konsep yang terdapat pada kejadian fisika di kehidupan nyata terhadap teori yang ada, sehingga fisika dapat lebih dipahami secara kontekstual. Melalui pemanfaatan teknologi, proses pembelajaran menjadi hemat waktu, bebas hambatan geografis, ekonomis (Fadholi, 2018).

Hasil dari kegiatan analisis video kejadian fisika yang telah dilakukan oleh peneliti, dapat dikembangkan untuk dijadikan suatu rancangan bahan ajar tertentu untuk siswa. Melihat bahwa video yang digunakan adalah video kontekstual, maka bahan ajar ini merupakan bahan ajar kontekstual (Fadholi, 2018). Penggalian konsep fisika melalui kegiatan analisis, dapat dilakukan dengan bantuan teknologi berupa *software* berbasis analisis video kejadian fisika, misalnya adalah *Tracker*, *software* ini layak digunakan dengan predikat sangat baik untuk menganalisis video (Fitrianto, 2016).

Tracker merupakan perangkat lunak/*software* untuk menganalisis gerak benda melalui video, sehingga dapat dihasilkan parameter perubahan posisi, parameter kecepatan, percepatan, energi kinetik, energi potensial dan parameter lainnya yang dimiliki objek yang bergerak. *Tracker* adalah sebuah perangkat lunak berbasis *open source java framework* yang berfungsi untuk memodelkan

dan menganalisis video (Raflesiana, 2019). *Tracker* memungkinkan menganalisis gerak sebuah benda yang ada dalam video dengan cara membuat jejak dengan fitur *auto-tracking* yang mengikuti gerak benda yang ada dalam video. *Software tracker* memiliki fasilitas Pengkalibrasian, sehingga hasil ukur yang diperoleh akan sangat mendekati kenyataan (Ristanto, 2012).

Hal ini membuktikan bahwa *software tracker* sangat baik digunakan untuk menganalisis video kejadian fisika. Dengan memanfaatkan aplikasi analisis video *tracker*, proses pengamatan eksperimen yang telah didokumentasikan dalam bentuk video selanjutnya dapat diolah secara lebih akurat. Analisis video dengan menggunakan *software tracker* menghasilkan nilai yang sesuai dengan teori, sehingga *software tracker* ini dapat digunakan untuk kegiatan analisis pada video kejadian fisika lainnya yang berkaitan dengan gerak (Fadholi, 2018:269).

Tracker merupakan salah satu *software* yang termasuk *video based laboratory* yang dapat membantu pengembangan kegiatan eksperimen fisika *disekolah* karena saat ini banyaknya kegiatan eksperimen tidak terlaksana karena terkendala kurangnya bahkan tidak tersedianya alat eksperimen (Yulkifli, 2018). Untuk mendapatkan data yang lebih baik, *tool* pemodelan harus dirancang dengan baik. *Tracker* dapat menganalisis dengan mudah dan data yang diperoleh lebih akurat. Keakuratan data bergantung dengan *tool* pemodelan yang dirancang. *Tracker* menganalisis video yang terinput ke dalam *software tracker*. Semakin baik hasil *tool* pemodelan yang dibuat maka, analisis video dengan *tracker* memperoleh hasil yang baik (Wee, 2012).

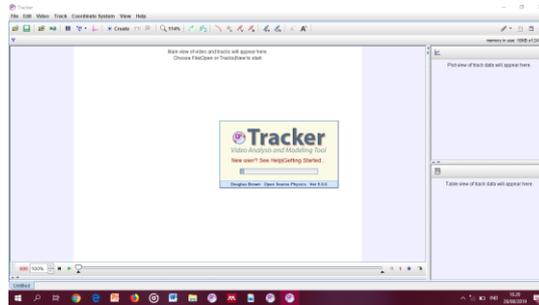
Proses pembuatan video yang akan dianalisis menggunakan *software tracker* harus memenuhi beberapa syarat sehingga video dapat dianalisis dengan baik oleh *software tracker*. Syarat-syarat yang harus dipenuhi sebagai berikut.

1. Posisi kamera dengan objek yang akan di *track* harus tegak lurus dan sama tinggi hal ini dapat dengan memanfaatkan tripod
2. Jarak kamera dengan objek yang akan di *track* tidak boleh terlalu dekat
3. *Background* yang digunakan harus homogen dan kontras dengan objek yang akan di *track*
4. Kamera yang digunakan harus memiliki *frame per sekon* (fps) yang tinggi minimal 30 fps karena jika tidak objek yang akan di *track* akan blur dan titik dapat ditentukan posisinya

Video yang baik untuk dianalisis menggunakan *software tracker* adalah video yang memenuhi persyaratan diatas. Video yang baik tersebut diperoleh salah satunya dengan pembuatan *tool* pemodelan yang tepat. Oleh karena itu, *tool* pemodelan yang baik sangat dibutuhkan untuk analisis video menggunakan *software tracker*, sehingga diperoleh variabel-variabel analisis yang lebih akurat. Pada bandul matematis sendiri, variabel yang dapat dianalisis hanya terbatas pada periode dan frekuensi. Melalui *software tracker*, variabel yang dianalisis lebih bervariasi seperti energi mekanik, energi kinetik, energi potensial, kecepatan, percepatan, dan lain-lain.

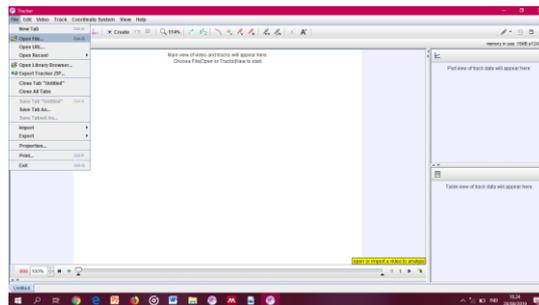
Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menganalisis gerak melalui *tracker* adalah sebagai berikut:

1. Membuka aplikasi *software tracker*, dengan tampilan beranda *software tracker* seperti Gambar 1.



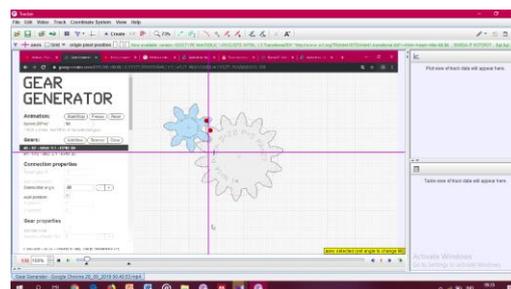
Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. Beranda *Software Tracker*

2. Memilih Video yang akan dianalisis dengan cara menekan *Ctrl + O* atau pilih menu *File* lalu sub-menu *Open File*. Seperti pada Gambar 2. Lalu pilih video yang akan dianalisis.



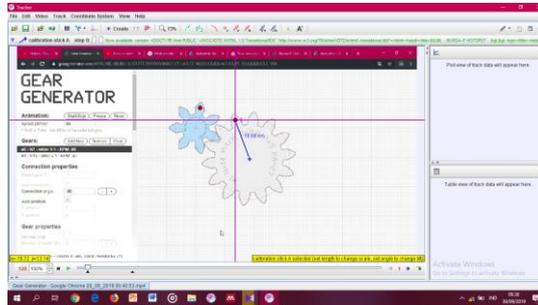
Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. Open File

3. Setelah video yang akan dianalisis muncul, identifikasi waktu *frame* yang akan dianalisis. Selanjutnya pilih ikon  (axes) untuk menentukan koordinat sumbu X,Y seperti pada Gambar 3.



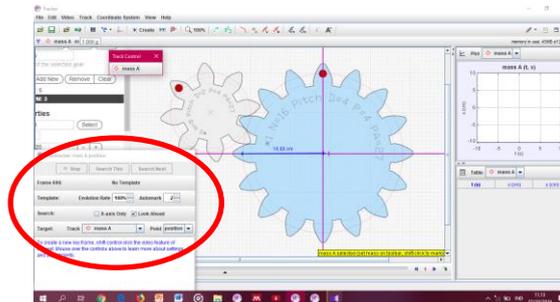
Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. Penentuan Koordinat X,Y

4. Kemudian pilih ikon  (*calibration stick*) untuk pengkalibrasian seperti pada Gambar 4.



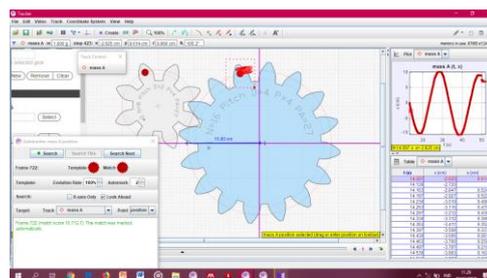
Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. *Calibration Stick*

5. Pilih ikon  (*create*) untuk memposisikan objek yang akan dianalisis. Lalu pilih *point mass* maka *box point mass* . Klik massa A pilih *autotracker* sehingga muncul *autotracker box* seperti yang terlihat dibawah



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. *Tampilan Autotracker*

6. Tekan tombol *Shift+Ctrl* secara bersamaan untuk memulai analisis. Kemudian *double click* pada objek dan klik *search* pada *autotracker*. Selanjutnya akan muncul grafik dan tabel seperti Gambar 6.



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. *Proses Analisis Video.*

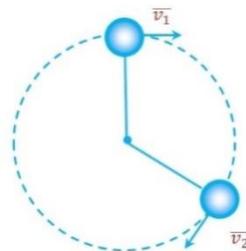
Tool merupakan seperangkat sistem yang memiliki fungsi khusus. Sementara itu, menurut KBBI model merupakan pola (contoh, acuan, ragam, dsb) sesuatu yang akan dibuat atau dihasilkan. Selanjutnya pemodelan adalah proses atau kegiatan membuat model. *Tool* pemodelan eksperimen roda berhubungan merupakan seperangkat sistem yang berfungsi mencontohkan hubungan roda-roda yang terjadi pada roda berhubungan. Penelitian *tool* pemodelan gerak melingkar roda berhubungan ini dirancang sebagai media eksperimen. Media eksperimen ini akan membuktikan teori dari gerak melingkar roda berhubungan. *Tool* pemodelannya di rancang dengan penambahan motor *DC* sebagai penggerak dan pengontrolan laju agar kecepatan rotasi dapat disesuaikan dengan kecepatan yang diinginkan. *Tool* pemodelan yang dibuat tidak hanya menjelaskan tentang konsep fisika yang berupa fakta maupun fenomena melainkan juga dapat mengaplikasikan dalam bidang IPTEKS. Materi fisika yang sesuai dengan implementasi tersebut adalah gerak melingkar beraturan khususnya konsep hubungan roda-roda (Setiawan,2016).

B. Gerak Melingkar

Gerak melingkar adalah gerak yang memiliki lintasan berupa lingkaran. Pada gerak melingkar, arah gerak setiap saat berubah walaupun besar kecepatan dapat saja tetap. Arah kecepatan yang setiap saat berubah ini mengakibatkan adanya percepatan yang senantiasa mengarah ke pusat lingkaran. Percepatan ini sering disebut sebagai percepatan sentripetal. Contoh gerak melingkar dalam kehidupan sehari-hari adalah mobil yang menikung, gerak kincir angin, gerak bulan mengelilingi bumi, dan gerak roda sepeda yang berputar pada porosnya.

(Nurachmandani, 2009). Gerak melingkar adalah gerak yang memiliki lintasan yang melingkar dengan radius pusat kelengkungan tetap (Darmawati, 2014: 9-10).

Gerak melingkar beraturan (GMB) merupakan gerak suatu benda yang menempuh lintasan melingkar dengan besar kecepatan tetap. Kecepatan pada GMB besarnya selalu tetap, namun arahnya selalu berubah, dan arah kecepatan selalu menyinggung lingkaran. Artinya, arah kecepatan (v) selalu tegak lurus dengan garis yang ditarik melalui pusat lingkaran ke titik tangkap vektor kecepatan pada saat itu (Nurachmandani, 2009). Gerak Melingkar Beraturan (GMB) adalah gerak suatu benda yang menempuh lintasan berupa lingkaran dengan kelajuan tetap. Gerak melingkar memiliki arah kecepatan selalu berubah yaitu dalam arah tegak lurus jari-jari lintasannya serta mempunyai percepatan sentripetal yang selalu mengarah pada pusat lingkaran. Suatu benda yang bergerak membentuk suatu lingkaran dengan laju konstan v dikatakan mengalami gerak melingkar beraturan. Besar kecepatan dalam hal ini tetap konstan, tetapi arah kecepatan terus berubah sementara benda bergerak dalam lingkaran tersebut. Percepatan didefinisikan sebagai besar perubahan percepatan sebagaimana juga perubahan besar kecepatan. Benda yang mengelilingi sebuah lingkaran terus dipercepat, bahkan ketika lajunya tetap konstan ($\overline{v_1} = \overline{v_2} = \overline{v}$) (Giancoli, 2001:132-133)



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. Benda yang Bergerak Membentuk Suatu
Lingkaran

Seperti pada gerak lurus, dalam gerak melingkar juga terdapat dua kasus gerak yaitu saat benda bergerak dengan kecepatan konstan atau disebut dengan gerak melingkar beraturan (GMB) dan saat benda bergerak dengan kecepatan tidak konstan disebut juga dengan gerak melingkar berubah beraturan (GMBB). Ciri-ciri gerak melingkar beraturan adalah

1. Kelajuan Linier tetap, dengan kecepatan linier berubah arah sesuai perubahan waktu, tetapi (vektor) kecepatan linier setiap saat berubah (tidak tetap).
2. Besar dan arah vektor kecepatan sudut tetap, sehingga percepatan sudut sama dengan nol
3. Besar percepatan sentripetal tetap, dengan arah selalu menuju titik pusat lingkaran, sementara percepatan sudutnya adalah nol

Gerak melingkar beraturan sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari, seperti gerak pada komedi putar, roda sepeda yang berputar, mobil yang menikung pada lintasan berupa lingkaran, gerak *compact disk*, gerak kincir angin, gerak kipas angin, komedi putar, jarum jam, dan sebagainya. Pada gerak melingkar sangat perlu diperhatikan konversi sudut. Dalam Standar Internasional satuan sudut yang baku dinyatakan dalam radian. Konversi sudut gerak melingkar adalah

{ EMBED Equation.3 }

{ EMBED Equation.3 }

Di mana nilai { EMBED Equation.3 }

Besaran-besaran pada gerak melingkar beraturan diantaranya memiliki analogi dengan besaran-besaran pada gerak lurus beraturan yang dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel { SEQ Tabel * ARABIC }. Besaran-besaran pada Gerak Melingkar Beraturan

Gerak Lurus Beraturan (GLB)		Gerak Melingkar Beraturan (GMB)		Hubungan GMB dan GLB
Pergeseran Linear	s	Pergeseran Sudut	θ	$s = \theta \cdot r$
Kecepatan Linear	$\bar{v} = \frac{s}{t}$	Kecepatan Sudut	$\bar{\omega} = \frac{\theta}{t}$	$\bar{v} = \bar{\omega} \cdot r$
Percepatan Linear	$\bar{a} = \frac{\bar{v}}{t}$	Percepatan Sudut	$\bar{\alpha} = \frac{\bar{\omega}}{t}$	$\bar{a} = \bar{v} \cdot r$

a. Periode dan Frekuensi

Periode (T) adalah waktu yang diperlukan untuk menempuh satu putaran. Periode dilambangkan T , dengan satuan sekon (s). Frekuensi adalah jumlah putaran yang dilakukan benda dalam satu sekon. Sementara itu, frekuensi (f), yaitu jumlah putaran tiap satuan waktu atau jumlah putaran persekon. Frekuensi dilambangkan f , dengan satuan $\frac{1}{s}$ atau s^{-1} . Dalam satuan SI satuan yang sering digunakan untuk frekuensi, yaitu Hertz (Hz) (Giancoli, 2001:134).

Persamaan untuk periode adalah

{ **EMBED Equation.3** }

({ SEQ (* ARABIC) }

Persamaan untuk frekuensi adalah

{ **EMBED Equation.3** }

({ SEQ (* ARABIC) }

Hubungan antar perioda dan frekuensi dapat dinyatakan dengan persamaan

{ EMBED Equation.3 }^{atau} { EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC) }

Dengan T = Perioda (s)

f = Frekuensi (Hz)

t = Waktu selama berputar (s)

n = Jumlah putaran

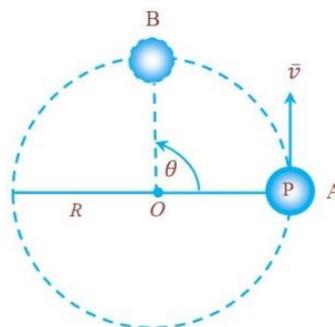
(Widodo, 2009:41)

b. Pergeseran Linear (s) dan Pergeseran Sudut (θ)

Pergeseran sudut atau posisi sudut adalah besarnya sudut yang menyatakan panjang lintasan suatu benda yang bergerak melingkar dalam selang waktu tertentu atau bisa dikatakan sudut tempuh benda yang bergerak melingkar (Widodo, 2009). Besar sudut putar secara umum dinyatakan dengan derajat ($^\circ$) namun dalam fisika dalam radian atau rad. Nilai θ ditentukan dengan persamaan:

{ EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC) }



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. Titik P Berputar dengan Sumbu Tetap O dan Jari-Jari R

Gambar 8 menunjukkan titik P bergerak melingkar dengan sumbu tetap O dan jari-jari R. Jika P bergerak dari A ke B dengan menempuh lintasan busur sejauh s, sementara posisi sudut yang terbentuk adalah θ , maka diperoleh hubungan:

{ EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC) }

Dengan θ = Lintasan/posisi sudut (rad)

s = Busur lintasan (m)

R = Jari-Jari (m)

c. Kecepatan Linear (\bar{v}) dan Kecepatan Sudut ($\bar{\omega}$)

Kelajuan linier (\bar{v}) adalah panjang lintasan yang ditempuh per satuan waktu. Kecepatan linier (\bar{v}) adalah kecepatan yang arahnya menyinggung lintasan dan tegak lurus terhadap jari-jari lintasan yang melingkar (Widodo, 2009). Jarak satu lingkaran penuh yang ditempuh benda sama dengan keliling lingkaran. Sementara waktu satu putaran merupakan perioda (T). Kelajuan linier dapat dirumuskan dengan persamaan

{ EMBED Equation.3 }^{atau} { EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC) }

{ EMBED Equation.3 }^{atau} { EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC) }

Jika posisi sudut sangat kecil yaitu $\Delta\theta$, karena selang waktu Δt yang digunakan sangat kecil, lintasan busur juga sangat kecil, yaitu Δr sehingga

{ EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC)})

Jika persamaan tersebut dibagi dengan selang waktu Δt , diperoleh:

$$\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{\Delta\theta \cdot R}{\Delta t} \quad \{ \text{EMBED Equation.3} \}$$

({ SEQ (* ARABIC)})

Jika Δr sangat kecil maka persamaan tersebut menjadi:

{ EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC)})

Kecepatan sudut ($\bar{\omega}$) adalah besar sudut yang ditempuh benda per satuan waktu.

Kecepatan sudut dirumuskan dengan

{ EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC)})

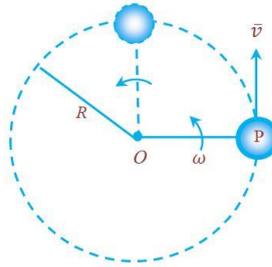
Keterangan \bar{v} = Kecepatan linear (m/s)

$\bar{\omega}$ = Kecepatan sudut (rad/s)

θ = Perpindahan sudut (rad)

t = Lama benda berputar (s)

R = Jari-Jari lintasan (m)



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. Kecepatan Sudut $\bar{\omega}$ Berbanding Lurus dengan Bidang Lingkaran

Kecepatan linear/tangensial (\bar{v}) memiliki arah berupa arah garis lingkaran pada titik-titik, salah satunya titik P. Dari gambar 8 tampak jika kecepatan sudut ω memiliki arah ke atas, tegak lurus bidang lingkaran (Sumarsono, 2009:59-60).

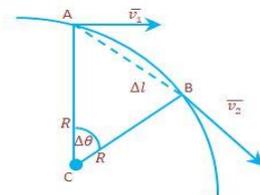
d. Percepatan Linear (\bar{a}_s) dan Percepatan Sudut ($\bar{\omega}$)

Pada buku Giancoli (2001:133-134) Percepatan linear didefinisikan sebagai:

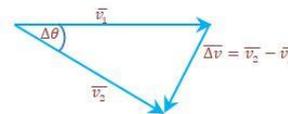
{ **EMBED Equation.3** }

{ { SEQ (* ARABIC) }

$\Delta\bar{v}$ adalah perubahan kecepatan dalam selang waktu Δt yang pendek. Dengan mempertimbangkan situasi di mana Δt mendekati nol, sehingga akan diperoleh percepatan sesaat.



(a)



(b)

Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. (a) Menentukan Perubahan Kecepatan

(b) Perubahan Vektor Kecepatan

Pada Gambar 10 (a) menentukan perubahan kecepatan Δv selama selang waktu Δt , di mana partikel bergerak dari titik A ke titik B. Dengan menempuh jarak Δl menelusuri busur yang membuat sudut $\Delta\theta$. Perubahan vektor kecepatan adalah $\vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \Delta\vec{v}$ yang ditunjukkan pada Gambar 10 (b). Jika ditentukan Δt sangat kecil (mendekati nol), maka Δl dan $\Delta\theta$ juga sangat kecil dan v_2 hampir paralel dengan \vec{v}_1 , dan $\Delta\vec{v}$ akan tegak lurus terhadap keduanya. Δv menuju ke arah pusat lingkaran. Karena \vec{a} , menurut definisi di atas mempunyai arah yang sama dengan $\Delta\vec{v}$, \vec{a} juga harus menunjuk ke arah pusat lingkaran. Percepatan ini disebut percepatan sentripetal (percepatan “yang mencari pusat”) atau percepatan radial (karena mempunyai arah sepanjang radius, menuju pusat lingkaran), dan diberi notasi \vec{a}_s . Dengan kata lain percepatan sentripetal (\vec{a}_s) adalah suatu percepatan yang arahnya menuju pusat lingkaran sehingga menyebabkan benda tetap bergerak di lintasan melingkar. Percepatan sentripetal memiliki arah yang tegak lurus dengan arah percepatan linier.

Karena CA tegak lurus terhadap \vec{v}_1 , dan CB tegak lurus \vec{v}_2 , berarti $\Delta\theta$ yang didefinisikan sebagai sudut antara CA dan CB, juga merupakan sudut antara v_1 dan \vec{v}_2 . Vektor \vec{v}_1 , \vec{v}_2 , dan $\Delta\vec{v}$, tampak seperti pada Gambar 10 (b), membentuk segitiga yang sama secara geometris dengan segitiga ABC pada Gambar 10 (a). Dengan mengambil $\Delta\theta$ yang kecil (dengan memakai Δt sangat kecil) dapat dituliskan:

{ EMBED Equation.3 }

{ SEQ (* ARABIC) }

Telah ditentukan $\bar{v}_1 = \bar{v}_2 = \bar{v}$, karena kelajuan dianggap tidak berubah. Persamaan tersebut tepat jika Δt mendekati nol, karena panjang busur Δl sama dengan panjang tali busur AB. Untuk memperoleh percepatan sesaat, di mana Δt mendekati nol, persamaan di atas dituliskan dalam bentuk:

{ EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC) }

Untuk mendapatkan percepatan sentripetal a_s , $\Delta \bar{v}$ dibagi dengan Δt :

{ EMBED Equation.3 }

({

SEQ (* ARABIC) }

dan karena $\frac{\Delta \bar{v}}{\Delta t}$ adalah laju linear \bar{v} , dari benda itu, maka:

{ EMBED Equation.3 } atau { EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC) }

Dengan $\bar{a}_s =$ Percepatan sentripetal (m/s^2)

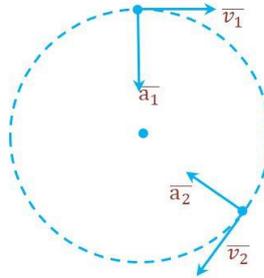
$\bar{v} =$ Kecepatan linear (m/s)

$\bar{\omega} =$ Kecepatan sudut (rad/s)

$R =$ Jari-Jari lintasan (m)

Persamaan ini diketahui bahwa percepatan sentripetal \bar{v} ini bergantung pada \bar{v} dan R . Untuk laju \bar{v} yang lebih besar, semakin cepat pula kecepatan berubah arah; dan semakin besar radius R , makin lambat kecepatan berubah arah. Vektor percepatan menuju ke arah pusat lingkaran, tetapi vektor kecepatan selalu menunjuk ke arah gerak yang tangensial terhadap lingkaran. Vektor kecepatan dan

percepatan tegak lurus satu sama lain pada setiap titik di jalurnya untuk gerak melingkar beraturan, seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. Pada Gerak Melingkar \vec{v} Selalu Tegak Lurus Terhadap \vec{v} .

C. Gerak Melingkar Roda Berhubungan

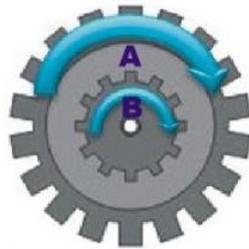
Gerak melingkar roda berhubungan merupakan gerak dua atau lebih roda yang saling dihubungkan dan memiliki kaitan satu dengan yang lain. Salah satu aplikasi gerak melingkar beraturan dapat diamati pada hubungan roda-roda (Handayani, 2009). Pada dasarnya ada tiga macam hubungan roda. Hubungan tersebut adalah hubungan antar dua roda sepusat, bersinggungan, dan dihubungkan memakai sabuk (tali atau rantai). Roda sepusat berputar dengan kecepatan sudut yang sama (ω sama) hubungan seperti ini disebut roda sepusat. Roda bersinggungan diputar dengan kecepatan linier titik yang bersinggungan sama (v sama) arah putar yang berlawanan, hubungan ini disebut roda bersinggungan. Sama halnya dengan roda bersinggungan, roda yang digabungkan dengan tali juga memiliki kecepatan linier (v sama) yang sama serta arah putaran yang sama, hubungan seperti ini disebut roda dihubungkan dengan tali.

Hubungan roda-roda memiliki memiliki tiga jenis. Setiap jenis memenuhi persamaan masing-masing hubungan. Roda sepusat harus memenuhi persamaan di

mana memiliki nilai kecepatan sudut atau ω yang sama. Roda bersinggungan harus memenuhi persamaan di mana memiliki nilai kecepatan linier atau v sama. Begitu pula roda dihubungkan dengan tali, nilai kecepatan linier atau v sama.

a. Hubungan Roda-Roda Sepusat

Roda sepusat merupakan dua buah roda memiliki titik pusat yang sama, titik A dan B masing-masing terletak pada roda 1 dan 2 dikatakan sepusat. Jika kedua roda diputar berlawanan arah jarum jam maka dalam selang waktu , titik A dan B akan tiba di titik A' dan B' (Pamungkas, 2018). Besar sudut yang ditempuh masing-masing roda dalam waktu yang sama adalah sama besar, yaitu θ dalam selang waktu tersebut. Dapat disimpulkan bahwa kecepatan sudut kedua roda adalah sama ($\bar{\omega}_{Roda\ Besar} = \bar{\omega}_{Roda\ Kecil}$). Hubungan roda-roda sepusat dapat dilihat pada Gambar 12:



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. Dua Roda Sepusat

Gambar 12 menunjukkan hubungan roda-roda sepusat pada gerak melingkar beraturan. Hubungan roda-roda sepusat dapat dirumuskan sebagai:

{ EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC) }

{ EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC) }

{ EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC) }

Keterangan \bar{v}_A = kecepatan linier roda A (m/s)

\bar{v}_B = kecepatan linier roda B (m/s)

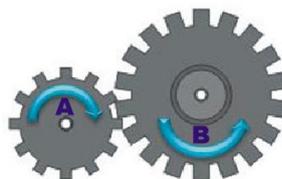
R_A = jari-jari roda A (m)

R_B = jari-jari roda B (m)

Contoh hubungan roda-roda sepusat dalam kehidupan sehari-hari, yaitu gerakan roda belakang dan *gear* belakang sepeda. Contoh lain roda-roda sepusat adalah perputaran baling-baling helikopter.

b. Hubungan Roda-Roda yang Bersinggungan

Hubungan roda-roda yang bersinggungan merupakan dua roda yang saling berekatan sehingga bersinggungan dan memiliki arah putar yang berlawanan (Pamungkas, 2014) dapat dilihat pada Gambar:



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. Dua Roda yang Bersinggungan

Gambar 13 menunjukkan bahwa titik A terletak pada persinggungan kedua roda. Jika roda 1 diputar searah jarum jam dan roda 2 diputar berlawanan arah jarum jam yang artinya arah putar kedua roda berlawanan. Dalam selang waktu tersebut kedua roda menempuh panjang busur yang sama, sehingga dapat disimpulkan bahwa kecepatan linier kedua roda sama ($\bar{v}_{Roda\ Besar} = v_{Roda\ Kecil}$) (Widodo, 2009) . Hubungan roda-roda bersinggungan dapat dirumuskan sebagai:

{ EMBED Equation.3 }

{{ SEQ (* ARABIC)}

{ EMBED Equation.3 }

{{

SEQ (* ARABIC)}

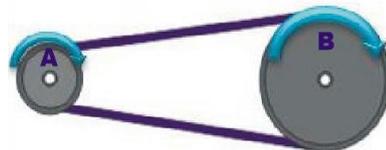
Keterangan $\bar{\omega}_A$ = kecepatan sudut roda A (rad/s)

$\bar{\omega}_B$ = kecepatan sudut roda B (rad/s)

Contoh penerapan roda-roda yang bersinggungan, yaitu pada mesin jam tangan, jam dinding, dan roda pada mesin mekanis.

c) Roda-Roda yang Dihubungkan dengan Tali

Roda-roda yang dihubungkan dengan tali merupakan dua roda yang memiliki jarak namun diberi penghubung berupa tali atau sejenisnya dan memiliki arah putar yang searah (Pamungkas, 2014). Hubungan roda-roda dihubungkan dengan tali dapat dilihat pada Gambar 14:



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. Dua Roda Dihubungkan dengan Tali

Gambar 14 memperlihatkan dua buah roda yang dihubungkan dengan tali. Mula-mula titik A dan B terletak tepat pada persinggungan masing-masing roda dengan tali. Roda 1 dan roda 2 diputar searah jarum jam sehingga dalam selang waktu tertentu kedua roda menempuh panjang lintasan yang sama. Arah putar dan panjang busur kedua roda sama sehingga kecepatan linear juga sama besar. Roda-roda yang

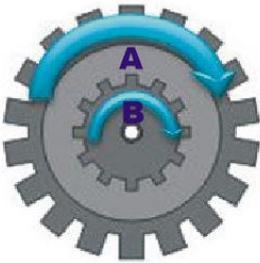
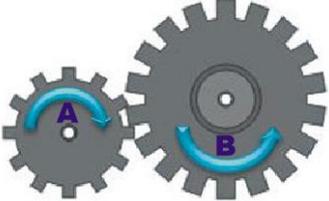
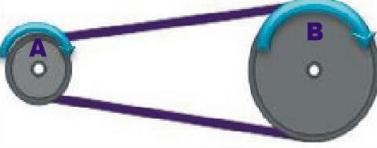
dihubungkan dengan tali memiliki persamaan yang sama dengan persamaan 20 dan 21 yang dapat dirumuskan sebagai:

{ EMBED Equation.3 }

{ EMBED Equation.3 }

Contoh penerapan roda-roda yang dihubungkan dengan tali yaitu *gear* depan dan *gear* belakang sepeda (Pamungkas, 2018).

Tabel { SEQ Tabel * ARABIC }. Hubungan Roda

No	Jenis Hubungan Roda	Gambar	Arah Putar dan Persamaan
1.	Sepusat		a. Arah putar roda A sama dengan roda B b. $\bar{\omega}_A = \bar{\omega}_B$ c. $\bar{v}_A \neq \bar{v}_B$ d. $\frac{\bar{v}_A}{R_A} = \frac{\bar{v}_B}{R_B}$
2.	Bersinggungan		a. Arah putar roda A berlawanan dengan roda B b. $\bar{\omega}_A \neq \bar{\omega}_B$ c. $\bar{v}_A = \bar{v}_B$ d. $\bar{\omega}_A R_A = \bar{\omega}_B R_B$
3.	Terhubung dengan tali		a. Arah putar roda A sama dengan roda B b. $\bar{\omega}_A \neq \bar{\omega}_B$ c. $\bar{v}_A = \bar{v}_B$ d. $\bar{\omega}_A R_A = \bar{\omega}_B R_B$

(Nurachmandani, 2009:74)

D. Motor DC

Motor *DC* adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerak (*motion*). Motor *DC* atau sering disebut motor arus searah lebih sering digunakan untuk keperluan yang membutuhkan pengaturan kecepatan

dibandingkan dengan mesin ac (Prabowo, 2008). Alasan utama penggunaan mesin *DC* terutama pada industri-industri modern adalah karena kecepatan kerja motor-motor *DC* mudah diatur dalam suatu rentang kecepatan yang luas, di samping banyaknya metode-metode pengaturan kecepatan yang dapat digunakan.



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. Motor *DC*

Pada motor *DC* kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja motor *DC* daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet, dengan demikian medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan energi, sekaligus berfungsi tempat berlangsungnya 2 proses perubahan energi.

Motor *DC* bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara dua fluksi magnetik. Interaksi antara kedua fluksi magnet ini akan menimbulkan suatu gaya mekanik pada konduktor jangkar yang disebut gaya Lorentz yang sesuai dengan kaidah

tangan kiri pada Hukum Lorentz (Putra, 2014). Besar gaya tersebut dapat dirumuskan dengan :

{ EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC) }

Di mana F = Gaya yang bekerja pada konduktor (N)

B = Kerapatan fluks magnetik (Wb/m²)

I = Arus yang mengalir pada konduktor (A)

l = Panjang konduktor (m)

Gaya ini akan menimbulkan Torsi atau momen putar. Jangkar akan berputar apabila Torsi start lebih besar dari Torsi beban. Nilai Torsi dapat ditentukan dengan:

{ EMBED Equation.3 }

({ SEQ (* ARABIC) }

Di mana T_a = Torsi jangkar (Newton-meter)

r = Jari-Jari rotor (meter)

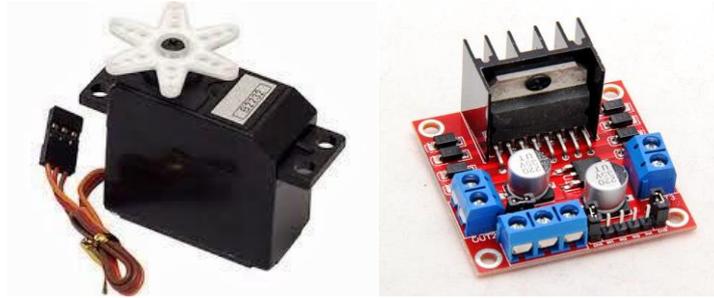
Motor *DC* memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Dalam motor *DC* terdapat dua kumparan yaitu kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet dan kumparan jangkar yang berfungsi sebagai tempat terbentuknya gaya gerak listrik (ggl *E*). Jika arus dalam kumparan jangkar berinteraksi dengan medan magnet, akan timbul torsi (*T*) yang akan memutar motor (Nugroho, 2015).

E. Pengontrolan Laju Menggunakan Motor DC

Pengontrolan laju adalah cara pembatasan penyimpangan laju agar mencapai ketentuan. Mengontrol laju motor *DC* mempunyai banyak metode salah satunya dengan metode *Pulse Width Modulation* (PWM) yang banyak digunakan saat ini (Zulkefli, 2012). Metode PWM ini termasuk metoda pengontrolan terbaik untuk pengontrol laju motor *DC* dibandingkan metoda pengontrol lainnya. Dalam mikrokontroler, PWM sebagai pengontrol siklus kerja drive motor *DC*. Daya yang disuplaikan ke motor *DC* berbentuk gelombang konstan persegi Voltase, akan tetapi lebar pulsanya bervariasi. Frekuensi akan tetap konstan sementara waktu on-off bervariasi dengan siklus kerja PWM tergantung oleh lebar pulsa. Pada penelitian ini pengontrolan laju motor servo *relay*, sensor *optocoupler* dan sensor IR yang dilengkapi mikrokontroler *Arduino Mega 2560 R3*, *step down* LM2596 dan *Thin Film TransistorLliquid Crystal Display (TFT LCD)* .

1. Motor Servo MG995

Motor Servo merupakan perangkat atau actuator putar (motor) yang mampu bekerja dua arah (Clockwise dan Counter Clockwise) dan dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem closed feedback yang terintegrasi pada motor tersebut Motor servo menggunakan dengan sistem umpan balik tertutup, di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor *DC*, serangkaian *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. Motor Servo MG995 dan Driver Motor L298N

Secara umum terdapat 2 jenis motor servo, yaitu motor servo standard dan motor servo Continuous. Servo motor tipe standar hanya mampu berputar 180 derajat. Motor servo standard sering dipakai pada sistem robotika misalnya untuk membuat “Robot Arm” (Robot Lengan). Servo motor continuous dapat berputar sebesar 360 derajat. Motor servo jenis ini mampu bergerak dua arah, sama halnya dengan motor servo standar tetapi yang membedakan adalah defleksi sudut putarannya yang tanpa batasan dan dapat berputar secara kontinyu. Motor servo *continuous* sering dipakai untuk Mobile Robot. Pada badan servo tertulis tipe servo yang bersangkutan. Pengendalian gerakan batang motor servo dapat dilakukan dengan menggunakan metode PWM (*Pulse Width Modulation*). Teknik ini menggunakan *system* lebar pulsa untuk mengemudikan putaran motor. Sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor (Sujarwata, 2013).

Pada dasarnya motor servo dan motor stepper merupakan motor *DC* yang ditambahkan fungsinya, sesuai kebutuhan. Pada motor servo motor digerakkan dengan batasan sudut sesuai spesifikasinya. Pada pembuatan alat praktikum hubungan roda-roda ini digunakan motor servo dengan menghilangkan fungsi

pembatasan sudut, sehingga fungsi motor yang tinggal hanyalah fungsi motor *DC*. Penggunaan motor servo ini dikarenakan dengan daya kecil motor servo yang dihilangkan fungsi gerak pembatasan sudutnya bisa menghasilkan putaran yang lebih kuat dan stabil dibandingkan motor *DC* biasa.

Driver motor *DC* menggunakan *IC* L298 berfungsi dalam mengatur kecepatan dan arah putar motor. Arah putar motor diatur menggunakan program yang berputar searah ataupun berlawanan jarum jam. Kecepatan motor diatur dengan cara mengubah PWM yang variabelnya 0-255 desimal sesuai kebutuhan. Driver motor yang digunakan adalah L298 *H-bridge* yang menggunakan *IC* L298 yang terdapat *H-bridge* transistor NPN. Transistor-transistor ini digunakan sebagai *switching* yang memiliki fungsi sebagai pengatur arah pada motor (Antoni, 2013).

IC driver L298 yang digunakan dapat menggerakkan motor sampai arus 2A dan tegangan maksimum 40 Volt *DC*. Teknik untuk pengontrolan laju motor *DC* digunakan teknik PWM yang di input dari mikrokontroler melalui pin Enable pada driver motor L298 (Adriansyah, 2013).

2. Mikrokontroler *Arduino* Mega 2560 R3

Mikrokontroler adalah *chip* atau *IC* (*Integrated Circuit*) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip *IC* sehingga sering juga disebut *single chip* microcomputer. Mikrokontroler adalah suatu *IC* dengan kepadatan yang sangat tinggi, di mana semua bagian yang diperlukan untuk suatu kontroler sudah dikemas dalam satu keping, biasanya terdiri dari:

a. CPU (*Central Processing Unit*)

- b. RAM (*Random Access Memory*)
- c. EEPROM/EPROM/PROM/ROM
- d. I/O, *Serial & Parallel*
- e. *Timer*
- f. *Interrupt controller*

(Agfianto, 2002).

Menurut Budiharto Widodo (2005:5), Mikrokontroler dapat dikatakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip* sehingga sering disebut sebagai *single chip* mikrokomputer. Tidak seperti sistem komputer yang mampu menangani berbagai macam program aplikasi, mikrokontroler hanya dapat digunakan untuk suatu aplikasi saja. Perbedaan lain yaitu pada perbandingan RAM (*Random Access Memory*) dan ROM (*Read Only Memory*). Pada Mikrokontroler Perbandingan antara RAM dan ROM-nya besar.

Arduino adalah platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat open-source *hardware* yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. *Platform Arduino* terdiri dari *software* dan *hardware*. *Hardware Arduino* sama dengan mikrokontroler pada umumnya hanya pada *Arduino* ditambahkan penamaan pin agar mudah diingat. *Software Arduino* merupakan *software open source* sehingga dapat di download secara gratis. *Software* ini digunakan untuk membuat dan memasukkan program ke *Arduino*.

Arduino Mega 2560 R3 adalah papan mikrokontroler berbasis *IC* Atmega2560 yang memiliki 54 pin digital input/output, di mana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM dan 16 input analog.



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. *Arduino* Mega

Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega 2560 adalah sebagai:

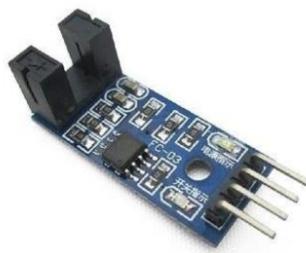
- a. VCC merupakan pin yang digunakan sebagai masukan sumber tegangan.
- b. GND merupakan pin untuk *Ground*.
- c. XTAL1/ XTAL2, XTAL digunakan sebagai pin *external clock*.
- d. Port A, B, C, D, E, H, dan L merupakan 8 bit port I/O dengan *internal pull-up* resistor. Port G merupakan 6 bit port I/O dengan *internal pull-up* resistor.
- e. Port F (PF0:PF7) dan Port K (PK0:PK7) merupakan pin I/O dan merupakan pin masukan *ADC*.
- f. AVCC adalah pin masukan untuk tegangan *ADC*.
- g. AREF adalah pin masukan untuk tegangan referensi eksternal *ADC*.

Arduino ATmega2560 memiliki 256 KB flash memory untuk menyimpan kode (yang 8 KB digunakan untuk bootloader), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM). Mikrokontroler memiliki kemampuan manipulasi data (informasi) berdasarkan suatu urutan instruksi (program) yang dibuat oleh *programmer* di mana di dalamnya sudah

terdapat *Central Proccesssing Unit* (CPU), *Random Acess Memory* (RAM), *Electrically Erasable Programmable Read Only Memori* (EEPROM), *I/O*, *Timer* dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung terorganisasi dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu *chip* yang siap pakai (Arifin, 2016).

3. *Optocoupler dan IR*

Optocoupler merupakan salah satu jenis komponen yang memanfaatkan sinar sebagai pemicu on/off-nya. Opto berarti optic dan coupler berarti pemicu. Sehingga bisa diartikan bahwa *Optocoupler* merupakan suatu komponen yang bekerja berdasarkan picu cahaya optic. sensor opto-coupler terdiri dari dua bagian yaitu transmitter dan receiver. LED infra merah ini merupakan komponen elektronika yang memancarkan cahaya infra merah dengan konsumsi daya sangat kecil. Jika diberi prasikap maju, LED infra merah yang terdapat pada *Optocoupler* akan mengeluarkan panjang gelombang sekitar 0,9 mikrometer.



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. *Optocoupler*

Cara kerja *Optocoupler* adalah jika antara *phototransistor* dan LED terhalang maka *phototransistor* tersebut akan off sehingga output dari kolektor akan berlogika high. Sebaliknya jika antara *phototransistor* dan LED tidak terhalang maka *phototransistor* tersebut akan on sehingga output-nya akan

berlogika low (Khamdi, 2014). Phototransistor tersebut dalam keadaan terputus atau off sehingga keluaran dari kolektor akan berlogika 1. Jika cahaya dari LED menuju phototransistor tidak terhalang maka timbul arus pada kolektor, sehingga phototransistor tersebut dalam keadaan on sehingga keluaran dari kolektor akan berlogika 0 (Humairah, 2016).

4. *TFT LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)*

TFT adalah singkatan atau kepanjangan dari *Thin Film Transistor*, merupakan jenis layar *LCD* handphone atau smartphone yang umum dari tipe lainnya. Selain itu *TFT* juga dapat diartikan salah satu tipe layar *Liquid Crystal Display (LCD)* yang datar, di mana tiap-tiap pixel dikontrol oleh satu hingga empat transistor. Teknologi ini menyediakan resolusi terbaik dari teknik panel data. *TFT LCD* sering disebut juga *active-matrix LCD*. Layar ini menampilkan gambar yang kaya warna dan permukaannya sensitif terhadap sentuhan. *TFT* merupakan perangkat semikonduktor yang digunakan untuk memperkuat dan mengubah sinyal elektronik dengan bantuan film tipis dan lapisan dielektrik yang anti-listrik serta elemen kimia pada lapisan selubungnya, yaitu monitor *LCD*.



Gambar { SEQ Gambar * ARABIC }. *TFT LCD 2.4"*

Berikut ini adalah fitur dari Driver *TFT LCD 2.4"* :

- a. Resolusi layar *TFT LCD* ini yaitu 320 (RGB) (H) x 240 (V)

- b. RGB 65K color 18-bit
- c. Integrated 4-wire Resistive Touch Screen
- d. Memori Flash 4M
- e. 2 KB RAM
- f. Voltage : 5V-85mA

Tabel { SEQ Tabel * ARABIC }. Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan *TFT* dengan *LCD* Biasa

Kelebihan <i>TFT</i>	Kelemahan <i>LCD</i> Biasa
<ul style="list-style-type: none"> a. Layar ini mampu memberikan resolusi yang cukup baik b. Layar <i>TFT</i> mampu menampilkan gambar yang mengusung ratusan warna c. Kualitas lebih baik dari pada <i>LCD</i> biasa dan tidak mudah rusak d. Sistem yang terintegrasi antara <i>LCD</i> dan <i>Touchscreen</i> membuat <i>TFT LCD</i> jauh lebih canggih dan simpel 	<ul style="list-style-type: none"> a. Tidak mampu memberikan resolusi yang tinggi b. Hanya bisa menampilkan karakter saja tidak bisa menampilkan gambar c. Kualitas standar d. Keypad dengan <i>LCD</i> dipasang terpisah sehigga desain menjadi lebih banyak menggunakan tempat
Kelemahan <i>TFT</i>	Kelebihan <i>LCD</i> Biasa
Penggunaan <i>TFT LCD</i> pada sistem keamanan industri dirasa kurang efektif	Sangat efektif digunakan pada sistem keamanan pada industri

Menurut Erik Sunandar (2018, 20), *TFT LCD Touchscreen* merupakan sebuah komponen yang berbentuk layar monitor kecil dengan teknologi layar sentuh yang dapat menampilkan hasil pengukuran, gambar, teks dan grafik pada proyek *Arduino* yang dibuat.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data serta pembahasan terhadap instrumen eksperimen gerak melingkar roda berhubungan dengan pengontrolan laju motor *DC* ini maka dapat dirumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengontrolan laju motor *DC* pada *tool* pemodelan gerak melingkar roda berhubungan terdiri dari ketepatan, ketelitian dan resolusi. Nilai ketepatan adalah sebesar 99.06% dan kesalahan relatif 0.94%. Nilai ketelitian yang diperoleh adalah 99.55%. Berdasarkan hasil tersebut, pengontrolan laju motor *DC* akurat. Resolusi pengontrolan laju yang stabil pada rentang kelajuan 50 rpm sampai dengan 80 rpm.
2. Hasil spesifikasi performansi dari *tool* pemodelan eksperimen gerak melingkar roda berhubungan terdiri atas kotak yang berukuran 35x5x20 cm yang dilengkapi dengan 4 roda dengan karakter yang berbeda-beda. Rangkaian pengontrol laju motor *DC* terdiri atas sensor *optocoupler Arduino* Mega, driver L298, *TFT LCD* sebagai input dan tampilan.
3. Hasil analisis pada *tool* pemodelan gerak melingkar roda berhubungan terdiri dari ketepatan dan ketelitian. Nilai ketepatan untuk kecepatan linier adalah 99,35% . Ketepatan pada kecepatan sudut bernilai 99.63%. Disisi lain nilai ketelitian masing-masing hubungan roda-roda diatas 95,00%. Berdasarkan hasil tersebut, menggunakan *tracker* dapat menganalisis kuantitas fisika dengan baik selama objek yang terekam mengalami pergerakan.

4. Penentuan besaran fisika yaitu pada kecepatan linear dan kecepatan sudut pada masing-masing hubungan roda. Pada roda bersinggungan, nilai kecepatan linear sama. Sementara nilai kecepatan sudut berbeda dan arah perputaran roda berlawanan. Pada roda sepusat, nilai kecepatan linear berbeda. Namun nilai kecepatan sudut dan arah perputaran roda sama. Roda dihubungkan dengan tali memiliki nilai kecepatan linear dan arah perputaran roda yang sama. Nilai kecepatan sudut berbeda.

B. Saran

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

1. *Tool* pemodelan eksperimen gerak melingkar roda berhubungan dikembangkan menggunakan motor *DC* yang dapat stabil pada kelajuan rendah atau motor *low speed*, sehingga pada saat input nilai kelajuan rendah dapat bergerak stabil. Pada saat kelajuan diinputakan lebih tinggi, keluaran hanya akan sampai pada kecepatan maksimum.
2. *Tool* pemodelan eksperimen gerak melingkar roda berhubungan dapat dikembangkan dengan menggunakan sensor yang mampu mendeteksi putaran dalam orde desimal.
3. *Tool* pemodelan eksperimen gerak melingkar roda berhubungan dengan pengontrolan laju motor *DC* dapat dikembangkan menggunakan roda-roda dengan perbandingan diameter yang lebih bervariasi.
4. *Tool* pemodelan eksperimen gerak melingkar roda berhubungan dengan pengontrolan laju motor *DC* dapat direkam menggunakan kamera yang

memiliki beresolusi tinggi dan penempatan kamera yang stabil untuk memperoleh hasil video yang bagus dan mudah di analisis oleh *tracker*.

5. *Tool* pemodelan eksperimen gerak melingkar roda berhubungan dengan pengontrolan laju motor *DC* dapat dijadikan sebagai sarana penunjang *dilaboratorium* elektronika dan instrumentasi serta di labor fisika dasar jurusan Fisika FMIPA UNP, karena dapat membuktikan karakteristik gerak melingkar roda berhubungan.
6. *Tool* pemodelan eksperimen gerak melingkar berhubungan dengan pengontrolan laju motor *DC* layak digunakan sebagai salah satu media eksperimen *dilaboratorium* sekolah-sekolah untuk meningkatkan pemahaman materi gerak melingkar roda berhubungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, Andi, Oka Hidyatama. 2013. *Rancang Bangun Prototype Elevator Menggunakan Microcontroller Arduino UNO*. Jurnal Teknologi Elektro. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- Antoni, Roza. 2013. *Perancangan Sistem Pegaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Zig Bee Pro Berbasis Arduino UNO ATMEGA 328P*. Jurnal Fakultas Teknik UMRAH. Universita Maritim Rja Ali Haji
- Aravind, Vasudeva Rao. 2016. *Video and Multimedia in Physics Education*. Clarion University. Vol 1, Issue 1
- Ardianti, Amelia Rizki. 2016. *Analisis Tingkat Pemahaman Dan Miskonsepsi Fisika Pada Materi Gerak Melingkar Beraturan Di SMK Muhammadiyah Kudus*. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Asrizal, Yulkifli, Melvia Sovia. 2012. *Penentuan Karakteristik Sistem Pengontrolan Kelajuan Motor DC dengan Sensor Optocoupler Berbasis Mikrokontroler AT89S52*. Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi. Vol 4
- Asrizal, Yohandri dan Zulhendri Kamus. 2018. *Studi Hasil Pelatihan Analisis Video dan Tool Pemodelan Tracker pada Guru MGMP Fisika Kabupaten Agam*. Jurnal Eksakta Pendidikan, Vol 2, No. 1 Mei 2018 e-ISSN 2579 Univeritas Negeri Padang
- Cooper, WD. 1999. *Instrumentasi Elektronika dan Teknik Pengukuran*. Jakarta: Erlangga

- Darmawati, Dwi Eka. 2014. *Pembuatan Alat Peraga Hubungan Roda pada materi gerak melingkar beraturan untuk siswa SMA kelas X*. Pendidikan Fisika. Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan. Universitas Sebelas Maret
- Fadholi, Lukman, alex Harijanto, Albertus Djoko Lesmono. 2018. *Analisis Video Kejadian Fisika dengan Software Tracker sebagai Rancangan Bahan Ajar Momentum dan Impuls untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kritis Siswa SMA Kelas X*. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. Universitas Jember
- Fitrianto, I. dan I. Sucahyo. 2016. Penerapan *software tracker video analyzer* pada praktikum kinematika gerak. *Journal Inovasi Pendidikan Fisika*. Vol. 5(3): 92-97
- Giancoli, C. Douglas. 2001. *Fisika Jilid 1*. Terj Yuhilza Hanum. Jakarta: Erlangga
- Gowri, P, dkk. 2018. *A Study on Circular Motion and Its Applications*. IOSR Journal of Mathematics. Volume 14, Issue 6 Ver. II PP 18-25
- Halliday, David., Resnick, Ribert., Walker, Jearn. (2011). *Fundamental of Physics*. 9th Edition. *John Wiley & Sons, Inc*, United States of America
- Hidayati, 2017. *Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535*. Balikpapan: Politeknik Balikpapan.
- Humairah, Rani, Asrizal, Zulhendri Kamus. 2016. Pembuatan Sistem Pengukuran Besar Gerak Lurus Berbasis Personal Komputer Menggunakan Sensor *Optocoupler*. *Pillar Of Physics*. Vol. 7, 65-71
- Khamdi, Nur. 2014. *Aplikasi Optocoupler dalam Sstem Pengaturan Kecepatan Sepeda Listrik*. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, Vol. 2, No. 1 April 2014, 68-74. Politeknik Caltex Riau

- Kirkup, L. 1994. *Experimental Method An Introduction to The Analysis and Presentation of Data*. John Willey & Sons: Singapore
- Narbuko, Cholid, Abu Achmadi. 2007. *Metodologi Penelitian : Memberikan Bekal Teoritis pada Mahasiswa tentang Metodologi Penelitian dengan Langkah-Langkah yang benar*. Jakarta : Bumi Aksara
- Nugraha, firman, dkk. 2017. *Eksperimen Pesawat Atwood Berbasis Pengolahan Aplikasi Tracker untuk Mengamati Fenomena Gerak Lurus Beraturan dan Gerak Lurus Berubah Beraturan Pada Pembelajaran Fisika SMA*. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2017. Volume Vi, Oktober 2017. Universitas Negeri Jakarta
- Nurachmandani, Setya. 2009. *Fisika 1 SMA/MA kelas X*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional
- Pamungkas, Indriani. 2018. *Pengembangan Alat Peraga Rotating Wheels (APRW) Pada Materi Gerak Melingkar Beraturan Untuk Siswa SMA*. Tadrīs Fisika. Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah
- Prabowo, Brilliant Adhi. 2008. *Pemodelan Sistem Kontrol Motor DC dengan Temperatur Udara sebagai Pemicu*. *Jurnal Informatika, sistem kendali dan komputer*. Vol 2, No 1. Pusat Penelitian Informatika LIPI
- Putra, Dimas Harind Yudha dan Riswan Dinzi. 2014. *Studi Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Metode Ward Leonard*. Jurnal SINGUDA

ENSIKOM VOL. 6 NO.1/Januari 2014 Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara

Raflesiana, Vinka. 2019. *Pengaruh Penggunaan Tracker pada Pembelajaran Gerak Harmonik Sederhana Berbasis Inkuiri Terbimbing terhadap Keterampilan Interpretasi Grafik Siswa*. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Lampung

Ristanto, Sigit . 2012. *Eksperimen Gerak Jatuh Bebas Berbasis Perekaman Video di MA Wahid Hasyim*. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*. Vol. 3 No. 1 April 2012

Setiawan, Mochamad Dedik dan Prabowo. 2016. Pengembangan Alat Peraga Hubungan Roda-Roda pada Materi Gerak Melingkar Beraturan untuk Meningkatkan Kompetensi Siswa Di Sman 1 Sidoarjo. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika (JIPF)*. Vol. 05 No. 03, 244-248. Universitas Negeri Surabaya

Sujarwata. 2013. *Pengendali Motor Servo Berbasis Mikrokontroler Basic Stamp 2sx Untuk Mengembangkan Sistem Robotika*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang (UNNES) Semarang

Sumarsono, Joko. 2009. *Buku Fisika SMA kelas X*. Jakarta: Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional

Sunandar, Erik. 2018. *Rancang Bangun Timbangan Digital dengan Layar Sentuh dan Terintegrasi Ke Android Berbasis Arduino Mega 2560*. Fakultas Teknik. Universitas Lampung

Wardiana, Wawan. 2002. *Perkembangan teknologi Informasi di Indonesia*.

Fakultas Teknik. Universitas Ilmu Komputer Indonesia

Wee, Loo Kang, et al. (2012). *Using Tracker as a Pedagogical Tool for Understanding Projectile Motion*. *Physics Education Journal*, P 448-455

Widodo, Tri. 2009. *Fisika*. Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional

Widodo. Budiharto. 2005. *Panduan Lengkap Belajar Mikrokontroler Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler*. Jakarta. PT Elek Media Komputindo

Wijaya, Etistika Yuni, dkk. 2016. *Transformasi Pendidikan Abad 21 Sebagai Tuntutan Pengembangan Sumber Daya Manusia Di Era Global*. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika 2016*. Volume 1 Tahun 2016 – ISSN 2528-259X. Universitas Kanjuruhan Malang

Young, Hugh. D. (2012). *College Physics*. 9th Edition, *Addison-Wesley*

Yulkifli dan Ramli. 2018. *The Use of Tracker Application to Enhance Physics Teachers in Senior High School in Making Laboratory Video*. *Jurnal Pelita Eksakta*, Vol.01, No.01, 2018 pp. 31-36, Universitas Negeri Padang

Zitzewitz, Paul. G. 2005. *Physics: Principles and Problems*. The McGraw-Hill Companies, Inc, United States of America.