

**RANCANG BANGUN *TOOL MODELLING* EKSPERIMEN  
GERAK LURUS BERBANTUAN MOBIL MAINAN DENGAN  
*REMOTE CONTROL* UNTUK ANALISIS *VIDEO TRACKER***



**HANIFA YOANDA  
NIM. 16034011/2016**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2022**

**RANCANG BANGUN *TOOL MODELLING* EKSPERIMEN  
GERAK LURUS BERBANTUAN MOBIL MAINAN DENGAN  
*REMOTE CONTROL* UNTUK ANALISIS *VIDEO TRACKER***

**SKRIPSI**

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



**Oleh:**

**HANIFA YOANDA  
NIM. 16034011/2016**

**PROGRAM STUDI FISIKA  
DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
2022**

## PERSETUJUAN SKRIPSI

### **RANCANG BANGUN *TOOL MODELLING* EKSPERIMEN GERAK LURUS BERBANTUAN MOBIL MAINAN DENGAN *REMOTE CONTROL* UNTUK ANALISIS *VIDEO TRACKER***

Nama : Hanifa Yoanda  
NIM : 16034011  
Program Studi : Fisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

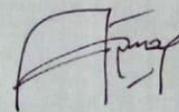
Padang, 07 Juni 2022

Mengetahui:  
Kepala Departemen Fisika



Dr. Ratnawulan, M. Si.  
NIP. 196901201993032002

Disetujui Oleh:  
Pembimbing



Dr. Asrizal, M. Si.  
NIP. 196606031992031

## PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

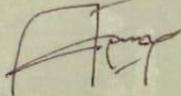
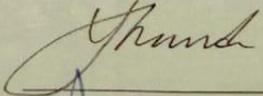
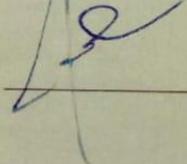
Nama : Hanifa Yoanda  
NIM : 16034011  
Program Studi : Fisika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

### RANCANG BANGUN *TOOL MODELLING* EKSPERIMEN GERAK LURUS BERBANTUAN MOBIL MAINAN DENGAN *REMOTE CONTROL* UNTUK ANALISIS VIDEO TRACKER

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

Padang, 07 Juni 2022

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dr. Asrizal, M. Si	
Anggota	: Yohandri, M. Si., Ph. D	
Anggota	: Dr. Yulkifli, S. Pd, M. Si	

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulisan saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “ Rancang Bangun *Tool Modelling* Eksperimen Gerak Lurus Berbantuan Mobil Mainan Dengan *Remote Control* Untuk Analisis *Video Tracker*” adalah asli dari karya saya sendiri;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali pembimbing.
3. Di dalam 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 pada perpustakaan;
4. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah dipeoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 07 Juni 2022  
yang membuat pernyataan



**Hanifa Yoanda**

Nim. 16034011

# Rancang Bangun *Tool Modelling* Eksperimen Gerak Lurus Berbantuan Mobil Mainan Dengan *Remote Control* Untuk Analisis *Video Tracker*

Hanifa Yoanda

## ABSTRAK

Fisika ialah ilmu yang memiliki peran penting terhadap perkembangan dan teknologi. Kinematika gerak merupakan salah satu eksperimen fisika. Dari hasil riset yang telah dilakukan diketahui bahwa pengukuran pada eksperimen kinematika gerak lurus masih menggunakan *stopwatch* sebagai alat ukur waktu tempuh untuk menentukan kecepatan dan percepatan dan belum adanya eksperimen kinematika gerak lurus dengan pengontrolan kecepatan dan masih digunakannya bidang miring sebagai bidang luncur untuk eksperimen gerak lurus berubah beraturan. Keterbatasan instrumen dalam menampilkan besaran-besaran pengukuran fisika menjadi salah satu alasannya. Solusi untuk mengatasi keterbatasan ini adalah dengan membuat *tool modelling* eksperimen gerak lurus berbantuan mobil mainan dengan *remote control* dan menganalisisnya menggunakan *software tracker*. Tujuan dari penelitian ini yaitu menentukan spesifikasi performansi *tool modelling* eksperimen gerak lurus berbantuan mobil mainan dengan *remote control*, menentukan spesifikasi desain dari *tool modelling*, dan juga mengetahui hubungan antara jarak, kecepatan, dan percepatan dengan waktu pada gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan.

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian rekayasa. Suatu kegiatan atau aktivitas perancangan yang melibatkan hal-hal baru, baik dalam bentuk instrumen atau *prototype* ialah jenis penelitian rekayasa. Teknik pengumpulan data pada penelitian ini ialah pengukuran secara langsung dan pengukuran secara tidak langsung.

Berdasarkan hasil dari analisis data dengan menggunakan *software tracker* dapat dijelaskan tiga hasil penelitian. Pertama, spesifikasi performansi dari *tool modelling* eksperimen gerak lurus dengan ukuran panjang dari bidang luncur adalah 2 m dan lebar 30 cm. Penggunaan motor dc untuk pengontrolan kecepatan dan modul *bluetooth* sebagai komunikasi dari input kecepatan menggunakan android yang disambungkan dengan modul *bluetooth* HC-05 yang akan diproses oleh arduino. Kedua, nilai ketepatan pengukuran waktu tempuh dan kecepatan pada eksperimen gerak lurus beraturan adalah 98,49% dan 97,22% dengan hasil ketelitian waktu tempuh dan kecepatan pada eksperimen gerak lurus beraturan yaitu 99,37% dan 92,27%. Nilai ketepatan untuk pengukuran percepatan dan waktu pada eksperimen gerak lurus berubah beraturan adalah 95,53% dan 98,45% dengan hasil ketelitian 95,58% dan 95,50%. Ketiga, pada gerak lurus beraturan hubungan jarak dengan waktu adalah berbentuk garis linear, hubungan kecepatan dengan waktu berbentuk garis lurus yang bernilai konstan, hubungan percepatan dengan waktu bernilai nol, sedangkan pada gerak lurus berubah beraturan hubungan jarak dengan waktu berbentuk garis parabola, hubungan kecepatan dengan waktu berbentuk garis linear, dan hubungan percepatan dengan waktu berbentuk garis lurus yang memiliki nilai konstan.

**Kata Kunci :** *Linear motion experimental, Tracker, Video Analysis*

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur diucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan hidayah-Nya pada peneliti sehingga skripsi dapat diselesaikan. Shalawat serta salam senantiasa disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW. Judul dari Skripsi ini adalah “Rancang Bangun *Tool Modelling* Eksperimen Gerak Lurus Berbantuan Mobil Mainan Dengan *Remote Control* Untuk Analisis *Video Tracker*”. Tujuan penelitian skripsi ini adalah untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) bagi mahasiswa program S-1 di Program Studi Fisika Departemen Fisika Universitas Negeri Padang.

Skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan, arahan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Peneliti pada kesempatan kali ini mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan yang telah diberikan kepada peneliti dalam menyusun skripsi ini, terutama kepada:

1. Bapak Dr. H. Asrizal, M. Si sebagai pembimbing skripsi yang selalu memberikan motivasi dan semangat untuk menyelesaikan Skripsi ini.
2. Bapak Yohandri, M. Si, Ph. D dan Bapak Dr. Yulkifli, S. Pd, M. Si sebagai dosen penguji pada tugas akhir ini yang telah memberikan kritik dan saran terhadap penyelesaian Skripsi ini.
3. Ibu Dr. Hj. Ratnawulan, M. Si, selaku Kepala Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.
4. Ibu Syafriani, M. Si, Ph. D, selaku Ketua Prodi Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

5. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
6. Bapak dan Ibu Staf Pengajar serta Staf Administrasi dan Laboran di Laboratorium Fisika FMIPA UNP.
7. Orang tua dan seluruh keluarga tercinta atas doa dan motivasinya baik secara materil maupun spritual.
8. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Fisika FMIPA UNP, khususnya Fisika angkatan 2016 yang telah membantu berjuan hingga akhir dan semua pihak yang telah ikut membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berjasa dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga Allah SWT membahas semua kebaikan yang telah diberikan. Peneliti menyadari bahwa dalm penulisan laporan tugas akhir ini masih terdapat kelemahan, kekurangan, dan kesalahan. Dengan alasan ini, peneliti mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Peneliti berhadap mudah-mudahan skripsi ini berguna bagi pembaca semua.

Padang, Juni 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRANA .....	viii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Pembatasan Masalah .....	5
C. Perumusan Masalah .....	5
D. Tujuan Penelitian .....	6
E. Manfaat Penelitian .....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA .....	7
A. Kajian Teori.....	7
B. Kerangka Konseptual.....	28
BAB III METODE PENELITIAN .....	29
A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	29
B. Alat dan Kompenen.....	29
C. Jenis Penelitian.....	30
D. Data dan Variabel Penelitian .....	31
E. Prosedur Penelitian.....	32
F. Teknik Pengumpulan Data .....	39
G. Teknik Analisis Data.....	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
A. Hasil Penelitian .....	44
B. Pembahasan .....	72
BAB V PENUTUP.....	70
A. Kesimpulan.....	70
B. Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA .....	72

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Garis Bilangan .....	9
Gambar 2. Arah Vektor Perpindahan.....	10
Gambar 3. Skema Perpindahan.....	10
Gambar 4. Hubungan Jarak dengan Waktu Pada Gerak Lurus Beraturan.....	12
Gambar 5. Hubungan Kecepatan dengan Waktu Pada Gerak Lurus Beraturan.....	13
Gambar 6. Hubungan Jarak dengan Waktu Pada Gerak Lurus Berubah Beraturan ..	14
Gambar 7. Hubungan Kecepatan dengan Waktu Pada Gerak Lurus Berubah Beraturan .....	14
Gambar 8. Hubungan Percepatan dengan Waktu Pada Gerak Lurus Berubah Beraturan .....	14
Gambar 9. Tampilan <i>Software Tracker</i> .....	18
Gambar 10. Board Arduino Nano Tipe R3 .....	21
Gambar 11. Tampilan Awal <i>Software</i> Arduino IDE.....	21
Gambar 12. Konfigurasi Pin <i>Driver</i> Motor L298N .....	23
Gambar 13. Modul <i>Bluetooth</i> HC-05.....	24
Gambar 14. Konfigurasi Pin HC-05 .....	24
Gambar 15. Konstruksi Motor DC.....	25
Gambar 16. Sensor Proximity <i>Infrared</i> E18-D80NK .....	27
Gambar 17. Kerangka Konseptual.....	28
Gambar 18. Diagram Alir Penelitian .....	32
Gambar 19. Blok Diagram Pembuatan <i>Tool Modeling</i> Gerak Lurus .....	34
Gambar 20. Desain Rancangan Lintasan dari Gerak Lurus Dibantu Mobil <i>Remote Control</i> .....	36

Gambar 21. Rancangan Mobil <i>Remote Control</i> .....	37
Gambar 22. Skema Rangkaian Mobil dengan <i>Remote Controller</i> .....	37
Gambar 23. Diagram Alir Mobil <i>Remote Control</i> .....	38
Gambar 24. Alat Eksperimen Gerak Lurus .....	46
Gambar 25. Komponen Penyusun Pengontrolan Kecepatan.....	47
Gambar 26. Bentuk Fisik Baterai.....	48
Gambar 27. Pemasangan Motor DC .....	48
Gambar 28. Pemasangan <i>Bluetooth</i> HC-05.....	49
Gambar 29. Tampilan <i>Remote Control</i> .....	50
Gambar 30. <i>Software Java</i> .....	51
Gambar 31. Tampilan <i>Software Tracker</i> .....	52
Gambar 32. Tampilan Set Eksperimen Gerak Lurus Beraturan.....	59
Gambar 33. Hubungan Jarak (x) dengan Waktu (t) Pada Gerak Lurus Beraturan .....	59
Gambar 34. Hubungan Kecepatan (v) dengan Waktu (t) Pada Gerak Lurus Beraturan.....	60
Gambar 35. Hubungan Percepatan (a) dengan Waktu (t) Pada Gerak Lurus Beraturan .....	61
Gambar 36. Tampilan Set Eksperimen Gerak Lurus Berubah Beraturan .....	61
Gambar 37. Hubungan Jarak (x) dengan Waktu (t) Pada Gerak Lurus Berubah Beraturan.....	62
Gambar 38. Hubungan Kecepatan (v) dengan Waktu (t) Pada Gerak Lurus Berubah Beraturan.....	63
Gambar 39. Hubungan Percepatan (a) dengan Waktu (t) Pada Gerak Lurus Berubah Beraturan.....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai Ketepatan Eksperimen Gerak Lurus Beraturan.....	53
Tabel 2. Nilai Ketepatan Eksperimen Gerak Lurus Berubah Beraturan.....	54
Tabel 3. Nilai Ketelitian Waktu Tempuh Untuk Eksperimen Gerak Lurus Beraturan.....	55
Tabel 4. Nilai Ketelitian Kecepatan Untuk Eksperimen Gerak Lurus Beraturan.....	56
Tabel 5. Nilai Ketelitian Waktu Untuk Eksperimen Gerak Lurus Berubah Beraturan.....	57
Tabel 6. Nilai Ketelitian Percepatan Untuk Eksperimen Gerak Lurus Berubah Beraturan.....	58

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data-Data Besaran Fisika Untuk Eksperimen Gerak Lurus Beraturan..	76
Lampiran 2. Data-Data Besaran Fisika Untuk Eksperimen Gerak Lurus Berubah Beraturan.....	89
Lampiran 3. Komponen Penyusun Set Eksperimen Gerak Lurus .....	97
Lampiran 4. Tampilan Hasil Analisis Data Gerak Lurus Beraturan Pada <i>Tracker</i> ....	99
Lampiran 5. Tampilan Hasil Analisis Data Gerak Lurus Berubah Beraturan Pada <i>Tracker</i> .....	101
Lampiran 6. Program Pengontrolan Kecepatan Motor .....	103
Lampiran 7. Program Tampilan Aplikasi .....	106

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Salah satu ilmu yang memiliki peranan penting dalam Perkembangan dan Teknologi adalah Fisika. Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi meningkatlah berbagai kebutuhan hidup dari manusia. Adanya penemuan-penemuan penting dari ilmu fisika dikarenakan eksperimen dari fisika. Eksperimen adalah salah satu cara dimana secara aktif mengalami dan membuktikan sendiri apa yang sedang dipelajari. Eksperimen ini sangat penting untuk mempelajari fisika, hal ini dapat dilihat dari apa itu fisika. Fisika adalah bidang studi yang eksperimental (Young, 2012). Pengertian lain, fisika adalah ilmu yang berdasarkan pada eksperimental observasi-observasi (Zizewitz, 2005). Fisika didasarkan pada pengukuran skala-skala fisika (Halliday, 2011). Karena fisika merupakan ilmu yang berlandaskan pada observasi eksperimen maka seharusnya buku-buku fisika dilengkapi dengan berbagai jenis kegiatan eksperimen baik dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam kegiatan laboratorium (Serway, 2012).

Hal yang paling penting diperhatikan dalam eksperimen fisika ialah memperhatikan set eksperimen atau instrumen fisika. Salah satu eksperimen dalam fisika adalah kinematika gerak, yang mana kinematika ini berisikan pembahasan tentang gerak tanpa memperhatikan penyebab dari benda tersebut bergerak. Saat sekarang ini sudah banyak industri atau perusahaan yang telah mengembangkan set eksperimen dari kinematika gerak. Eksperimen dari Gerak Lurus Beraturan (GLB) dan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) sangat penting untuk didalami untuk memahami konsep dari kinematika gerak lurus. Namun, pada kenyataannya

eksperimen belum terlaksana dengan baik. Hal ini ditandai dengan penggunaan instrumen manual pada eksperimen gerak lurus. Penggunaan instrumen yang masih manual dapat mempengaruhi hasil eksperimen gerak lurus yang diperoleh.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru Fisika di SMA Don Bosco Padang. Eksperimen fisika tentang kinematika gerak lurus yang dilakukan di Laboratorium Fisika SMA Don Bosco Padang adalah menggunakan alat yang bernama *ticker timer*. Eksperimen dimulai dengan memasang pita kertas pada ujung kereta dinamika dan pada alat *ticker timer*, serta memasang kabel penghubung catu daya pada alat *ticker timer* dan mengatur tegangan catu daya pada arus searah DC. Kemudian menyalakan kereta dinamika sehingga didapatkan data GLB. Pada bagian GLBB sama halnya dengan permulaian pada eksperimen GLB, bedanya terletak pada menaikan tiang lintas pada ujung salah satunya yang mana lintasan menjadi bidang miring. Hasil dari wawancara diperoleh beberapa kekurangan instrumentasi dari eksperimen. Kekurangan pertama adalah alat ukur waktu tempuh benda masih menggunakan *stopwatch*, sehingga pencatatan waktu yang dilakukan kurang akurat. Kekurangan kedua adalah beberapa komponen pada alat eksperimen salah satunya adalah kereta dinamo yang digunakan pada eksperimen rusak, sehingga pelaksanaan eksperimen fisika dilaboratorium Fisika belum terlaksana secara ideal.

Eksperimen fisika mengenai gerak lurus yang dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar Departemen Fisika FMIPA UNP yang pertama adalah menggunakan set eksperimen yang bernama linear *air track*. Penggunaan dua buah sensor *photogate* atau gerbang cahaya sebagai alat untuk mengukur waktu tempu dari benda. Sensor akan mengukur waktu tempu benda, untuk Gerak Lurus Beraturan dengan memvariasikan jarak antar dua sensor, sedangkan untuk Gerak Lurus

Berubah Beraturan adalah dengan memvariasikan kemiringan dari *track* dan jarak dari kedua sensor untuk mendapatkan percepatan. Benda luncur dirancang agar terangkat pada saat di lintasan dan dapat mengaktifkan sensor, penggunaan *blower* adalah sebagai penyuplai udara untuk lintasan benda. Kekurangan dari alat ini adalah pada percobaan Gerak Lurus Beraturan dimana alat ini hanya mampu digunakan untuk melihat kecepatan di dua titik berbeda yaitu kecepatan benda pada sensor 1 dan kecepatan benda pada sensor 2. Hal ini menyebabkan tidak dapat melihat kecepatan tiap saat pada gerak lurus berubah beraturan dikarenakan hanya menggunakan dua buah sensor. Set eksperimen kedua yang digunakan di Laboratorium Fisika Dasar Departemen Fisika FMIPA UNP yaitu menggunakan alat yang bernama *ticker timer*. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya alat ini memiliki beberapa kekurangan yaitu yang pertama kereta dinamo yang digunakan pada eksperimen rusak, yang kedua adalah pencatatan waktu masih menggunakan *stopwatch* dimana pengukuran waktu tempuh yang kurang akurat.

Pada penelitian Ivan (2018) eksperimen gerak lurus berubah beraturan dengan menggunakan sensor ultrasonik, alat ini memiliki prinsip kerja yang sama dengan alat *ticker timer*. Variasi kecepatan pada gerak lurus berubah beraturan pada penelitian ini menggunakan sistem pelontar sebagai kecepatan awal yang dihasilkan oleh penekanan terhadap kawat baja yang telah di coil menyerupai pir. Sistem kerja alat ini yaitu mobil akan ditekan dengan variasi 3 tekanan tekan yang berbeda. Selanjutnya sensor ultrasonik akan membaca hasil jarak yang telah ditempuh oleh mobil dan akan ditampilkan di *display* LCD sehingga diketahui jarak dan waktu yang ditempuh oleh mobil. Kelemahan dari penelitian ini adalah dalam alat trainer percobaan variasi kecepatan awal pada gerak lurus beraturan (GLB) ini yang dapat

diketahui adalah jarak dan waktu, sehingga untuk kecepatan harus menghitung secara manual. Kekurangan yang kedua adalah dengan menggunakan sensor ultrasonik maka sensor akan memancarkan sinyal terus menerus dan dapat berubah apabila terkena angin atau getaran.

Suatu alternatif solusi untuk memecahkan masalah ini adalah mengembangkan kegiatan eksperimen fisika melalui analisis video dan *tool modelling tracker* (Asrizal, 2018). *Tracker* menganalisis *tool* pemodelan dan dirancang untuk mempermudah pengambilan data karena menggabungkan video fenomena fisika dengan dengan model komputer. *Tracker* merupakan salah satu solusi yang diprediksi dapat menghasilkan data parameter gerak yang lebih akurat dengan menggunakan perangkat lunak. *Tracker* merupakan perangkat lunak/*software* untuk menganalisis perubahan posisi, parameter kecepatan, percepatan, dan parameter lainnya yang dimiliki objek yang bergerak. Kemampuan rekam jejak dari alat ini dapat menganalisis gerak dari objek dengan lebih teliti dan akurat, sehingga dapat menemukan karakteristik dari gerak lurus (Firman, 2017).

Pada penelitian ini, bahasan yang diangkat tentang eksperimen kinematika gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan dengan cara menganalisis video dari kejadian fisika. Materi gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan adalah materi yang berkaitan dengan kinematika gerak lurus. Pada kinematika gerak lurus hanya membahas tentang hubungan posisi dengan waktu, hubungan kecepatan dengan waktu, dan hubungan percepatan dengan waktu tanpa membahas gaya penyebab benda tersebut bergerak. Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, peneliti tertarik untuk membuat suatu *tool modelling* eksperimen dari gerak lurus. Oleh karena itu, peneliti mengangkat judul penelitian yang berjudul

“Rancang Bangun *Tool Modelling* Eksperimen Gerak Lurus Berbantuan Mobil Mainan Dengan *Remote Control* Untuk Analisis *Video Tracker*”.

## **B. Pembatasan Masalah**

Untuk lebih memfokuskan pekerjaan dalam penelitian, maka diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Analisis video *tool modelling* menggunakan *software tracker*.
2. Eksperimen gerak lurus yang dilakukan pada penelitian ini adalah kinematika gerak lurus horizontal.
3. Penggunaan modul *Bluetooth* HC-05 sebagai penerima perintah dari *smartphone* yang akan diproses menggunakan Arduino Nano Tipe R3.

## **C. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, dapat dirumuskan suatu permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana spesifikasi performansi dari pembuatan *tool modelling* eksperimen gerak lurus menggunakan mobil mainan dengan *remote control* untuk analisis video *tracker*?
2. Bagaimana spesifikasi desain dari pembuatan *tool modelling* eksperimen gerak lurus menggunakan mobil mainan dengan *remote control* untuk analisis video *tracker*?
3. Bagaimana hubungan antara jarak, kecepatan, dan percepatan dengan waktu pada gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan?

#### **D. Tujuan Penelitian**

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk merancang *tool modelling* tentang eksperimen fisika gerak lurus menggunakan *tracker*. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menentukan spesifikasi performansi dari pembuatan *tool modelling* eksperimen gerak lurus menggunakan mobil mainan dengan *remote control* untuk analisis video *tracker*.
2. Menentukan spesifikasi desain dari pembuatan *tool modelling* eksperimen gerak lurus menggunakan mobil mainan dengan *remote control* untuk analisis video *tracker*.
3. Menentukan hubungan antara jarak, kecepatan, dan percepatan dengan waktu pada gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat pada:

1. Peneliti, sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi fisika S1 dan pengembangan diri dalam penelitian fisika.
2. Kelompok bidang kajian elektronika dan instrumentasi, berguna untuk mengembangkan instrumentasi berbasis elektronika.
3. Pembaca, untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian elektronika dan instrumentasi berbasis elektronika.
4. Peneliti lain, sebagai sumber ide dan referensi dalam pengembangan peneliti tentang elektronika dan instrument.

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Teori**

##### **1. Eksperimen dalam Fisika**

Fisika diklasifikasikan ke dalam ilmu fisis. Karena fisika adalah pengetahuan fisis, sangat jelas bahwa mempelajari fisika dan pengetahuan tentang bentuk fisika, dibutuhkan pendekatan langsung dengan hal yang akan dipelajari. Ini adalah alasan mengapa ada metode eksperimental dalam fisika, di mana kita dapat mengamati, mengukur, mengumpulkan data, menganalisis data dan menyimpulkan sangat memadai untuk mempelajari fisika (Suparno, 2007). Metode eksperimental adalah cara menyajikan pelajaran dimana pengalaman dimana kita secara aktif dan menunjukkan apa yang sedang dipelajari. Melalui metode ini, kita terlibat dalam dalam melakukan sendiri, membuktikan dan menarik kesimpulan sendiri tentang suatu objek, keadaan atau proses tertentu (Djamarah, 2010).

Tujuan dari metode eksperimen adalah untuk mengumpulkan fakta atau data yang diperoleh, untuk melatih dalam merancang percobaan, dan melatih menggunakan logika berpikir untuk menarik kesimpulan dari fakta atau data yang terkumpul (Apriliani, 2017). Dalam melakukan metode eksperimen, agar memperoleh hasil yang diharapkan, tedapat langkah-langkah yang harus diperhatikan, yakni:

##### **a. Persiapan eksperimen**

Dalam persiapan eksperimen kita harus menetapkan tujuan dari eksperimen, tempat dari eksperimen, memperhatikan masalah keamanan.

b. Pelaksanaan eksperimen

Setelah semua persiapan eksperimen langkah selanjutnya adalah memulai percobaan.

c. Tindak lanjut eksperimen

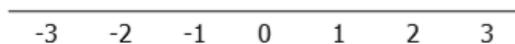
Setelah eksperimen dilakukan, kegiatan yang dilakukan adalah mengumpulkan laporan yang berisi fakta-fakta, kesimpulan, dan data-data, dan kesimpulan dari eksperimen.

## 2. Gerak Lurus

Gerak dalam bahasa inggris disebut *motion* dan dari latin disebut *motion*, *move* (menggerakkan dan memindahkan). Secara umum, gerak merupakan suatu perubahan. Dalam arti klasik, gerakan (kinesis), mencakup semua bentuk perubahan dalam kualitas, kuantitas, posisi, bentuk, dan potensi. Pengertian Gerak menurut Bagus (2005) adalah “perubahan lokasi spasial dari benda-benda yang berhubungan satu sama lain”. Gerak dalam fisika merupakan perubahan kedudukan atau tempat suatu benda terhadap titik acuan atau titik asal tertentu. Suatu benda kedudukannya berubah setiap saat terhadap suatu titik acuan maka benda dikatakan bergerak.

Pengertian Gerak Lurus menurut Firdaus (2012) adalah “benda yang dikatakan bergerak apabila kedudukannya terhadap titik acuan setiap saat selalu berubah, dan sebaliknya benda dikatakan diam bila kedudukannya terhadap titik acuan selalu tetap terhadap pengamatnya”. Gerak lurus adalah gerak benda pada lintasan lurus, maka kedudukan benda terletak pada garis lurus (Mujiono, 2004). Garis lurus dapat digambarkan sebagai garis yang dibentuk pada sumbu x (horizontal). Pada sumbu x dapat ditetapkan titik 0 sebagai titik acuan yang merupakan titik pangkal pengukuran. Kedudukan benda dapat terletak di kiri atau kanan acuan. Untuk

membedakannya maka kedudukan titik di sebelah kanan 0 adalah positif (+) dan di sebelah kiri adalah (-) seperti Gambar 1.



Gambar 1. Garis Bilangan  
(Sumber: Mujiono, 2004)

Perubahan kedudukan awal dan akhir suatu benda karena adanya perubahan waktu dan tidak bergantung pada jalan mana yang ditempuh benda disebut perpindahan. Harga perpindahan bertanda (+) dan (-) yang menunjukkan arah perpindahan benda. Perpindahan sepanjang sumbu x adalah positif jika arah perpindahannya ke kanan dan negatif jika arah perpindahannya ke kiri.

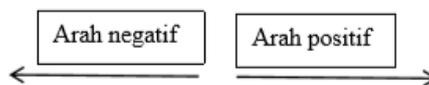
Dimulai dengan benda-benda yang posisinya dapat digambarkan dengan menentukan posisi suatu titik agar pembahasan tentang gerak dapat dipahami dengan mudah. Benda semacam itu dinamakan partikel. Sebagai contoh, anggap bumi sebagai partikel yang bergerak mengelilingi matahari dalam lintasan yang menyerupai lingkaran. Dalam kasus itu, hanya akan terfokus terhadap gerakan pusat bumi, sehingga ukuran bumi dan rotasinya dapat diabaikan. Dalam bidang astronomi, keseluruhan taat surya atau bahkan seluruh galaksi terkadang diperlakukan sebagai partikel. Jika menganalisis rotasi atau struktur internal sebuah benda maka kita tidak dapat lagi memperlakukannya sebagai sebuah partikel (Frederick, 2005).

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam gerak lurus yaitu:

a. Posisi dan perpindahan

Melokasikan suatu objek berarti mencari tahu posisinya relatif terhadap suatu titik rujukan, biasanya titik asal (origin atau titik nol) dari suatu sumbu, seperti

sumbu  $x$  pada Gambar 2. Arah positif dari sumbu tersebut adalah arah peningkatan jumlah (koordinat), yaitu kearah kanan. Arah sebaliknya merupakan arah negatif.

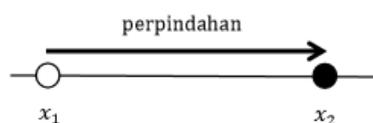


Gambar 2. Arah vektor perpindahan  
(Sumber: Sri, 2017)

Perubahan posisi dari  $x_1$  ke posisi lain  $x_2$  disebut perpindahan  $\Delta x$ .

$$\Delta x = x_2 - x_1 \quad (1)$$

Posisi adalah kedudukan benda dari acuan tertentu. Perpindahan (*displacement*) adalah perubahan posisi dalam selang waktu tertentu. Perpindahan merupakan besaran vektor. Perpindahan tidak bergantung pada lintasan yang ditempuh benda. Perpindahan hanya bergantung pada posisi awal ( $x_1$ ) dan posisi akhir benda ( $x_2$ ).



Gambar 3. Skema perpindahan  
(Sumber: Sri, 2017)

Jarak adalah panjang lintasan yang ditempuh oleh benda dalam selang waktu tertentu. Jarak merupakan besaran skalar (Nuryanti, 2017).

## b. Kecepatan

### 1) Kecepatan rata-rata

Jika partikel mengalami perpindahan sejauh  $\Delta x$  dan memerlukan waktu  $\Delta t$  untuk perpindahan tersebut, maka kecepatan rata-ratanya adalah perbandingan antara perpindahan dengan selang waktu dari perpindahan tersebut.

$$v_{rata-rata} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (2)$$

Kecepatan rata-rata tidak tergantung pada lintasan partikel tetapi tergantung pada posisi awal ( $x_2$ ) dan posisi akhir ( $x_1$ ).

## 2) Kecepatan sesaat

Kecepatan sesaat adalah kecepatan pada saat tertentu atau kecepatan rata-rata yang selang waktunya mendekati nol.

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \quad (3)$$

Arah kecepatan sesaat adalah sepanjang garis yang menyinggung kurva lintasan benda.

## c. Percepatan

### 1) Percepatan rata-rata

Percepatan rata-rata adalah perubahan kecepatan tiap selang waktu tertentu.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} \quad (4)$$

$a$  = percepatan rata-rata (m/s<sup>2</sup>)

$\Delta v$  = perubahan kecepatan benda (m/s)

$\Delta t$  = selang waktu yang diperlukan benda untuk bergerak (s)

### 2) Percepatan sesaat

Percepatan sesaat adalah percepatan rata-rata dengan selang waktu menuju nol.

Besarnya percepatan sesaat adalah:

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv}{dt} \quad (5)$$

## d. Gerak Lurus Beraturan

Gerak lurus beraturan didefinisikan sebagai gerak suatu benda yang lintasannya lurus dan kecepatannya tetap. Kecepatan tetap artinya baik besar maupun arahnya tetap (Tjondoro, 2009). Gerak lurus beraturan merupakan gerak partikel

dengan lintasan berbentuk garis lurus dalam arah yang tetap yang menempuh jarak yang sama dalam tiap satuan waktu (Indrasutantuio, 2009). Gerak lurus beraturan biasa dikenal dengan nama gerak satu dimensi dengan percepatan nol dan kecepatan tetap. Kecepatan tetap artinya baik besar maupun arahnya tetap. Untuk kecepatan rata-rata, perpindahan, dan selang waktu dapat dinyatakan hubungannya sebagai persamaan 6:

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (6)$$

Kecepatan dapat dihitung dari perpindahan menggunakan persamaan 7:

$$\text{kecepatan} = \frac{\text{perpindahan}}{\text{waktu}} \rightarrow \vec{v} = \frac{\vec{s}}{t} \quad (7)$$

Keterangan:

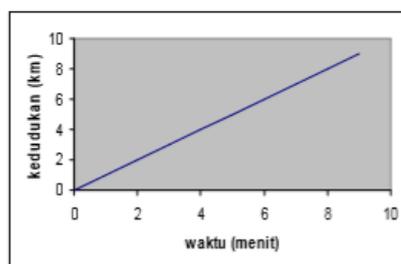
$\vec{v}$  = kecepatan (m/s)

$\vec{s}$  = jarak tempuh (m)

$t$  = waktu tempuh (s)

(Amalia, 2020)

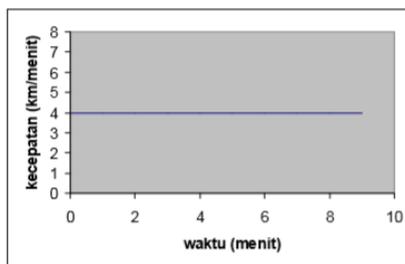
Secara grafik kedudukan terhadap waktu dari suatu gerak lurus beraturan digambarkan sesuai dengan Gambar 4:



Gambar 4. Hubungan Jarak dengan Waktu Pada Gerak Lurus Beraturan  
(Sumber : Indrasutantuio, 2009)

Dari Gambar 4, garis miring yang terbentuk menyatakan kecepatan tetap dari gerak lurus beraturan. Semakin curam garis miring, semakin besar kecepatannya, karena dalam gerak lurus beraturan kecepatan adalah konstan, maka kecepatan rata-rata

sama dengan kecepatan sesaat. Dengan demikian, hubungan antara kecepatan dan waktu dapat digambarkan pada Gambar 5:



Gambar 5. Hubungan Kecepatan dengan Waktu Pada Gerak Lurus Beraturan (Sumber: Indrasutantio, 2009)

Dari persamaan 6 hubungan kecepatan dengan waktu yang berupa garis lurus mendatar. Kecepatan dari benda Gerak Lurus Beraturan setiap saat adalah konstan, sedangkan jarak pada selang waktu tertentu adalah luas daerah dibawah kurva. Kecepatan yang berubah dalam selang waktu tertentu disebut dengan percepatan. Percepatan pada Gerak Lurus Beraturan adalah nol dan konstan. Karena benda tidak pernah berubah besar kecepataannya selalu sama sehingga kecepataannya tidak berubah baik dari besar maupun arah (Amalia, 2020). Persamaan dari percepatan benda dapat ditulus dalam persamaan 8:

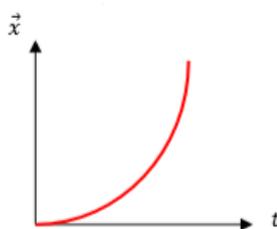
$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (8)$$

#### e. Gerak Lurus Berubah Beraturan

Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) adalah gerak benda pada lintasan lurus dan kecepatan berubah secara teratur, atau bisa juga dikatakan bahwa gerak partikel pada lintasan lurus dengan arah gerak tetap yang menempuh jarak berubah secara beraturan tiap satu satuan waktu yang dikenal juga dengan nama gerak satu dimensi dengan percepatan tetap (Sri, 2017). Gerak lurus berubah beraturan didefinisikan sebagai gerak suatu benda yang lintasannya lurus dan percepatannya tetap, percepatan tetap artinya baik besar maupun arahnya tetap (Tjondoro, 2009).

Jika suatu mobil yang melaju dalam waktu satu sekon menempuh jarak dua meter, dan satu sekon berikutnya menempuh jarak empat meter lagi, begitu seterusnya. Mobil tersebut dapat dikatakan memiliki kecepatan yang berubah setiap waktunya. Dengan kata lain, perbandingan jarak dengan selang waktu yang dilalui mobil tersebut berubah. Perubahan kecepatan setiap waktunya ini disebut percepatan (Indah, 2017). Apabila diketahui posisi awal benda adalah  $x_0$  dan kecepatan awal benda adalah  $v_0$  maka persamaannya menjadi:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (9)$$

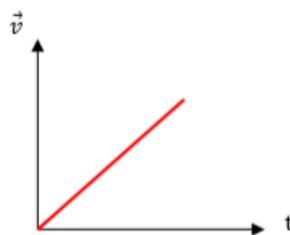


Gambar 6. Hubungan Jarak dengan Waktu Pada Gerak Lurus Berubah Beraturan (Sumber: Amalia, 2021)

Dari persamaan 9 dapat digambarkan grafik pada Gambar 7 dari gerak lurus berubah beraturan yang diamati mulai dari titik acuan bergerak kesamping kanan sambil dipercepat.

Kecepatan pada GLBB menjadi persamaan berikut:

$$\vec{v}_t = \vec{v}_0 + \vec{a}_t \quad (10)$$



Gambar 7. Hubungan Kecepatan dengan Waktu Pada Gerak Lurus Berubah Beraturan (Sumber: Amalia, 2021)

Dari grafik pada Gambar 7 garis lurus dijelaskan bahwa benda mulai diamati tepat pada titik acuan dengan kelajuan yang dipercepat sehingga membentuk grafik yang lurus condong ke kanan atas.

Berdasarkan Kurniawan (2015) untuk menghitung posisi benda setelah menempuh waktu  $t$  sekon ketika benda tersebut mengalami percepatan konstan, sehingga dari persamaan kecepatan rata-rata adalah pada persamaan 11:

$$\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (11)$$

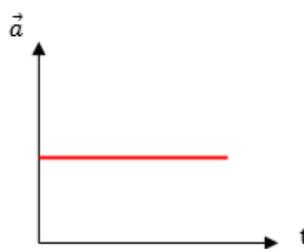
Kecepatan bertambah secara beraturan, maka untuk mencari kecepatan rata-rata dapat dicari dengan membagi dua antara kecepatan awal dan akhir, dapat dituliskan menjadi persamaan 12:

$$\bar{v} = \frac{\bar{v}_0 + \bar{v}_t}{2} \quad (12)$$

Karena nilai  $x_0$  dan  $\bar{v}_0$  bernilai nol maka untuk nilai percepatan dapat dituliskan pada persamaan 13:

$$a = \frac{2x}{t^2} \quad (13)$$

Grafik percepatan pada Gerak Lurus Berubah Beraturan dapat digambarkan pada Gambar 8:



Gambar 8. Hubungan Percepatan dengan Waktu Pada Gerak Lurus Berubah Beraturan  
(Sumber: Amalia, 2021)

Dari grafik pada Gambar 8 yaitu grafik dipercepat yang bergerak ke kanan dengan percepatan maka percepatan ( $\vec{a}$ ) terhadap waktu ( $t$ ) grafiknya adalah linier dan

positif kenapa linier karena konstan serta pada G:BB percepatan ( $\vec{a}$ ) konstan. Pada GLBB apabila besar dari  $\vec{a}$  dan  $\vec{v}$  berlawanan arah maka benda itu mengalami perlambatan dan apabila  $\vec{a}$  dan  $\vec{v}$  arahnya sama maka benda itu mengalami percepatan (Amalia, 2021).

### **3. Analisis Video dan *Tool Modelling Tracker***

Kegiatan analisis merupakan kegiatan menguraikan sebuah struktur ke dalam komponen-komponen yang lebih terperinci untuk mengetahui pengorganisasian struktur tersebut. Kegiatan analisis bertujuan untuk memahami konsep dengan cara menguraikan atau memerinci suatu struktur. Kegiatan analisis dapat meliputi kegiatan mengidentifikasi langkah-langkah logis dalam proses berfikir untuk sampai pada sudut kesimpulan. Kegiatan operasional analisis dapat berupa: menguraikan, menggambarkan, menginterpretasi data, menjelaskan hubungan sebab-akibat, mendiagnosa pernyataan keterkaitan sebab dan akibat mengklarifikasikan serangkaian informasi ke dalam bagian-bagian yang terpisah, serta menyimpulkan informasi yang didapatkan (Harjasujana, 1987).

Analisis video kejadian fisika merupakan kegiatan analisis yang dilakukan pada suatu video kejadian fisika untuk memahami konsep yang terdapat pada video kejadian fisika tersebut. Kegiatan analisis video dilakukan untuk menggali konsep fisika melalui kegiatan analisis video. 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 (Kinchin, 2016).

Analisis video digunakan untuk menganalisis tentang kejadian-kejadian alam terutama yang berhubungan dengan kelajuan, kecepatan, percepatan, gaya, medan

gravitasi, konversi, dan konservasi energi melalui video yang telah direkam (Habibullah, 2014). Analisis video berfungsi untuk mendeteksi gerak-gerak yang terjadi pada suatu set eksperimen gerak yang terjadi pada benda yang bergerak.

Kelebihan penggunaa media video dalam mengkomunikasikan informasi, diantaranya:

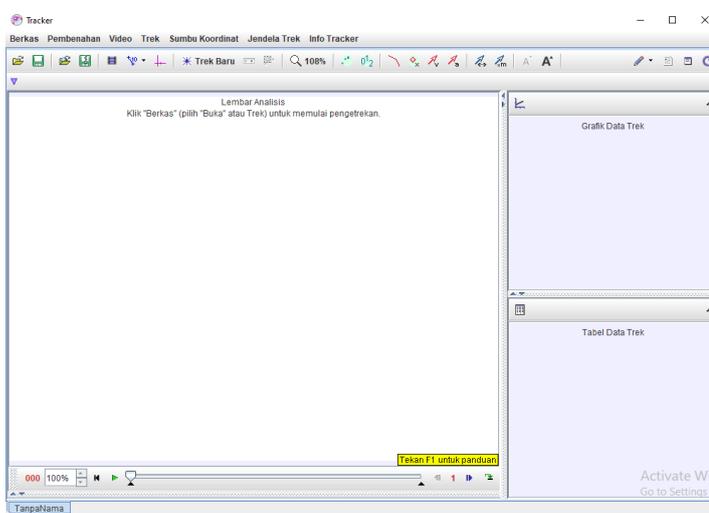
- a. Video dapat menampilkan gambar bergerak dan dapat memperlihatkan informasi yang mengandung unsur gerak.
- b. Video dapat menampilkan proses berlangsungnya objek yang diamati secara bertahap. Gerakan-gerakan secara bertahap ini dapat ditayangkan secara efektif melalui video.
- c. Video dapat menampilkan objek yang berbahaya jika langsung diaamati oleh peneliti, maka penampilan objek dalam video dapat diobservasi secara aman (Benny, 2010).

Penggalian konsep fisika melalui kegiatan analisis dapat dilakukan dengan bantuan teknologi berupa *software tracker*. *Software tracker* merupakan *software* yang dapat digunakan dalam penelitian. Software ini dapat ini dapat membaca kedudukan objek yang bergerak dari video yang diinput ke dalam *software* tersebut. *Software* ini juga dapat diguakan untuk memperoleh data kecepatan dan percepatan disetiap kedudukan atau disetiap segmen demi segmen video. *Software tracker* memiliki fasilitas pengkalibrasian, sehingga hasil ukur yang diperoleh akan sangat mendekati kenyataan (Ristanto, 2012). Mempelajari suatu fenomena dengan *software* ini akan menjadi mudah, karena dapat dilakukan di rumah dan hanya memerlukan peralatan yang sederhana. Hal ini karena *software tracker* menyediakan pengukuran yang diperlukan.

*Tracker* merupakan suatu cara yang hebat dan inovatif untuk menggabungkan antara video dengan model komputer. *Software* ini didukung sumber daya digital yang menyediakan suatu hubungan ke tutorial dan video yang siap untuk dianalisis (Gregario, 2015). *Tracker* mempunyai kemampuan untuk menganalisis video gerak dari suatu benda (Asrizal, 2018). *Software tracker* menyediakan tool-tool dari representasi banyak dari data eksperimen. Analisis pelacakan video menggunakan *software tracker* seharusnya juga mampu melatih keterampilan representasi banyak dalam konteks fisika (Anisofira, 2017).

Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam proses analisis video menggunakan *software tracker* adalah sebagai berikut:

- a. Membuka *software tracker* yang telah diinstal sebelumnya. Menu tampilan utama *tracker* pada Gambar 9:



Gambar 9. Tampilan *Software Tracker*

Berdasarkan Gambar 9, terdapat beberapa menu yang digunakan sesuai dengan kebutuhan. Termasuk tampilan grafik dan tabel yang merupakan keluaran hasil analisis dari video yang diupload ke dalam *software tracker*.

- b. Memilih video yang akan dianalisis dengan memilih menu *file* lalu pilih sub-menu *open file*. Selanjutnya memilih video yang akan dianalisis oleh *software tracker*.
- c. Setelah video yang akan dianalisis terbuka di *software tracker*, lalu identifikasi *frame* yang akan dianalisis dan menentukan koordinat sumbu X dan Y.
- d. Mengkalibrasi skala dari video tersebut menggunakan *calibrasi stick*.
- e. Memilih posisi objek yang akan dianalisis pan *icon create* dan menentukan massa dari objek dengan mengklik *point mass*.
- f. Untuk menganalisis objek yang terdapat dalam video dengan cara menekan tombol *shift* dan *cntrl* secara bersamaan lalu mengklik objek yang telah ditentukan.

#### **4. Remote Controller**

Sistem pengontrolan merupakan penggabungan dari beberapa rangkaian elektronika yang membentuk sistem yang saling terkait (Asrizal, 2012). Sistem kontrol otomatis memiliki peran yang penting karena dapat menggantikan sebagian tugas atau pekerjaan manusia. Sistem kontrol dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu sistem kontrol *loop* terbuka dan sistem kontrol *loop* tertutup (Ogata, 1997). Pada penelitian ini digunakan pentrolan sistem tertutup.

*Remote control* berfungsi sebagai pengirim data, data yang dikirimkan berupa pulsa-pulsa cahaya dengan modulasi frekuensi. Sinyal yang dikirimkan merupakan data-data biner. Dari data yang dikirim oleh *remote*, *bluetooth* membaca dan memproses data-data biner (Rumagit, 2012). Alat kendali dapat memanfaatkan media komunikasi yang sekarang ini digunakan pada seluruh *smartphone android* yaitu media komunikasi *bluetooth* dan koneksi internet. *Bluetooth* merupakan fitur

utama android yang berkembang sebagai komunikasi antar perlengkapan elektronik agar dapat saling menukar data dalam jarak yang terbatas menggunakan gelombang radio dengan frekuensi tertentu. *Bluetooth* beroperasi dalam pita frekuensi 2,4 Ghz dengan menggunakan sebuah *frequency hopping tranceiver* yang mampu menyediakan layanan komunikasi data dan juga secara *real time* antar *host-host bluetooth* dengan jarak terbatas (Yanolanda, 2018).

## 5. Komponen Elektronika Pendukung

Komponen pengontrolan arah laju motor pada *tool modeling* set eksperimen gerak lurus dibantu mobil dengan *remote controller* ini arah laju motor mobil-mobilan akan diatur secara otomatis. Komponen elektronik yang mendukung pengontrolan kecepatan motor mobil-mobilan, yaitu:

### a. Arduino

Mikrokontroler merupakan sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung dalam sebuah chip, mikrokontroler berbeda dengan mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena di dalam sebuah mikrokontroler umumnya telah terdapat komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor (Steven, 2016). Mikrokontroler telah dilengkapi menggunakan peripheral pendukung sehingga membentuk suatu komputer lengkap pada level *chip*, secara sederhana mikrokontroler merupakan sebuah IC yg terdiri dari RAM, ROM, paralel I/O, *counter*, dan *clock circuit* (Yohandri, 2013).

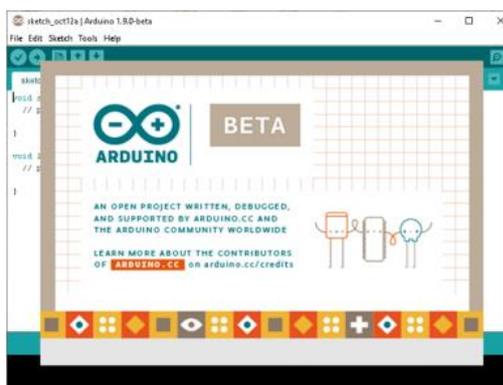
Arduino Nano merupakan arduino board yang memiliki ukuran nano atau memiliki ukuran yang kecil. Arduino ini menggunakan mikrokontroler Atmega328 atau Atmega168. Karena ukurannya yang kecil *board* ini sangat praktis ketiga digunakan mengakibatkan *bord* ini banyak digunakan. Salah satu kekurangan dari

*board* ini adalah tidak memiliki port untuk DC *power*, dan bekerja hanya dengan kabel Mini-B USB (Arduino, 2021). Arduino Nano adalah arduino *board* yang menggunakan mikrokontroler Atmega328. Mikrokontroler Arduino Nano dapat digambarkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Board Arduino Nano Tipe R3  
(Sumber: Arduino,2021)

*Software* yang digunakan oleh Arduino Nano adalah Arduino IDE (*Integrated Development*). *Software* ini merupakan program khusus untuk komputer agar dapat membuat rancangan atau sketsa program dari Arduino. Tampilan awal untuk Arduino IDE dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan awal *software* Arduino IDE

IDE Arduino merupakan *software* yang sangat modern ditulis menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari:

1) Editor Program

Sebuah *window* yang memungkinkan *user* untuk menulis dan mengubah program dala bahasa *processing*.

2) *Compiler*

Berguna untuk kompilasi *sketch* tanpa *upload* ke *board* yang bisa digunakan untuk pengecekan kesalahan kode sintaks *sketch*. Sebuah modul yang mengubah kode program menjadi kode biner bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *processing*.

### 3) *Uploader*

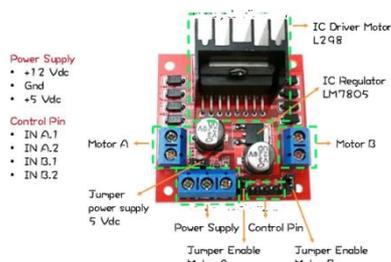
Berguna untuk mengunggah hasil kompilasi *sketch* ke *board* target. Pemberitahuan *error* akan terlihat apabila *board* belum terpasang atau alamat *port* COM belum terkonfigurasi dengan benar. Sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memori di dalam papan Arduni (Gustomo, 2015).

Pada penelitian ini Arduino Nano berfungsi untuk menggerakkan motor DC yang telah diperintahkan dari *smartphone*, Arduino Nano dihubungkan dengan motor DC yang sudah terhubung dengan motor *driver*.

#### b. Driver Motor L298N

Driver motor L298N merupakan module *driver* motor DC yang paling banyak digunakan atau dipakai di dunia elektronika yang difungsikan untuk mengontrol kecepatan serta arah perputaran motor DC. IC L298 merupakan sebuah IC tipe *H-bridge* yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, selenoid, motor DC dan motor *stepper*. Pada IC L298 terdiri dari transistor-transistor logik (TTL) dengan gerbang NAND yang berfungsi untuk memudahkan dalam menentukan arah putaran suatu motor DC maupun motor *stepper*. Terdapat modul *driver* motor menggunakan IC L298 dipasaran saat ini, sehingga dapat digunakan lebih praktis karena pin I/O sudah rapi tersusun dan mudah digunakan. Modul *driver* motor L289N memiliki kelebihan yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol

motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol. Berikut merupakan konfigurasi pin driver motor L298N ditunjukkan pada Gambar 12:



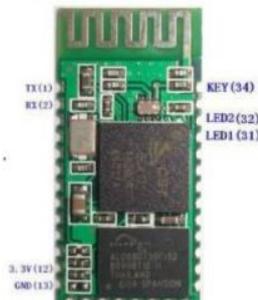
Gambar 12. Konfigurasi pin driver motor L298N  
(Sumber: Andi,2016)

Keterangan Konfigurasi pin driver motor L298N:

- 1) Enable A: berfungsi untuk mengaktifkan bagian output motor A.
- 2) Enable B: berfungsi untuk mengaktifkan bagian output motor B.
- 3) Jumper 5 VDC: sebagai mode pemilihan sumber tegangan 5 VDC, jika tidak dijumper maka akan ke mode sumber tegangan 12 VDC.
- 4) *Control Pin*: sebagai kendali perputaran dan kecepatan motor yang dihubungkan ke Mikrokontroler.

c. *Modul Bluetooth HC-05*

*Bluetooth* adalah protokol komunikasi wireless yang bekerja pada frekuensi radio 2.4 GHz untuk pertukaran data pada perangkat bergerak seperti PDA, laptop, HP, dan lain-lain. Salah satu hasil contoh modul *Bluetooth* yang paling banyak digunakan adalah tipe HC-05. Modul *Bluetooth* HC-05 merupakan salah satu modul *Bluetooth* yang dapat ditemukan dipasaran dengan harga yang relatif murah. Modul *Bluetooth* HC-05 terdiri dari 6 pin konektor, yang setiap pin konektor memiliki fungsi yang berbeda - beda. Untuk gambar modul *bluetooth* dapat dilihat pada Gambar 13:

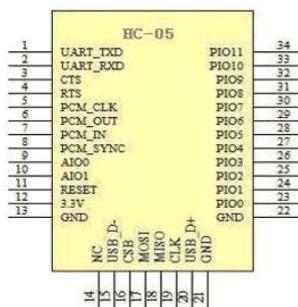


Gambar 13. Modul *Bluetooth* HC-05

(Sumber: <https://mbed.org/users/edodm85/notebook/HC-05-bluetooth>)

Modul *Bluetooth* HC-05 dengan supply tegangan sebesar 3,3 V ke pin 12 modul *Bluetooth* sebagai VCC. Pin 1 pada modul *Bluetooth* sebagai *transmitter*. Kemudian pin 2 pada *bluetooth* sebagai *receiver*.

Berikut merupakan konfigurasi pin *bluetooth* HC-05 ditunjukkan pada Gambar 14:



Gambar 14. Konfigurasi pin HC-05

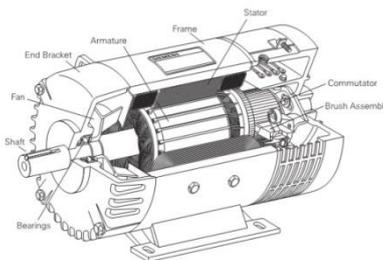
(Sumber: <https://mbed.org/users/edodm85/notebook/HC-05-bluetooth>)

#### d. Motor DC

Motor listrik DC atau *DC* motor adalah suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*). Motor DC memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah untuk dapat menggerakannya. Motor DC biasanya digunakan pada perangkat-perangkat elektronik dan listrik yang menggunakan sumber listrik DC seperti *vibrator* ponsel, kipas DC, Bor Listrik DC, dan mobil-mobilan *remote control*.

Terdapat dua bagian utama pada sebuah motor listrik DC, yaitu *stator* dan *rotor*. *Stator* adalah bagian motor yang tidak berputar, bagian yang statis ini terdiri

dari rangka dan kumparan medan. Sedangkan *rotor* adalah bagian bagian yang berputar, bagian *rotor* terdiri dari kumparan jangkar. Dua bagian utama ini dapat dibagi lagi menjadi beberapa komponen penting yaitu diantaranya adalah kerangka magnet, kutub motor, kumparan medan magnet, kumparan, jangkar, komutator, dan *brushes*. Untuk konstruksi dari motor DC dapat dilihat pada Gambar 15:



Gambar 15. Konstruksi Motor DC  
(Sumber: <https://automation.or.id/2020/01/13/vsd-basic-4-motor-dc/>)

#### e. Sensor Proximity

Sensor merupakan perangkat elektronika yang menerima stimulus dan disrespon dengan suatu sinyal listrik. Stimulus adalah keadaan yang dirasakan dan diubah ke dalam sinyal sinyal listrik (Yulkifli, 2013). Sensor juga dapat dikatakan alat yang digunakan untuk mengukur, menganalisa, memantau, suatu keadaan yang kemudian akan merespon terhadap suatu perubahan disekitarnya. Perangkat ini dapat ditemukan pada *smartphone* dengan sistem operasi android (Rangga, 2017).

Sensor Proximity atau dapat dikenal juga dengan sensor jarak adalah sensor yang dapat mendeteksi keberadaan benda tanpa kontak fisik. Sensor jarak memancarkan medan elektromagnetik atau sinar radiasi elektromagnetik misalnya inframerah dan mendeteksi perubahan bidang dengan mengembalikan sinyal. Ada beberapa jenis teknologi sensor jarak, diantaranya adalah *Electrical (Inductive dan Capacitive)*, *Optical (IR dan Laser)*, *Magnetic*, Sonar (Rangga, 2017).

Cara kerja dari sensor jarak ialah memanfaatkan sifat pantulan cahaya yang kemudian akan diterima oleh phototransistor atau photodiode. Jika rangkaian sensor proximity menggunakan phototransistor sebagai *receiver*, maka cara kerjanya adalah jika pancaran cahaya LED tidak memantul pada benda, sehingga tidak diterima oleh basis fototransistor menjadi (*off*) sehingga tegangan keluaran sama dengan nol volt atau mendekati nol volt. Dan kebalikannya apabila pancaran cahaya LED memantul pada benda, sehingga intensitas cahaya pantulan dari benda tersebut diterima oleh basis fototransistor, maka phototransistor menjadi (*on*) sehingga tegangan keluaran mendekati lima volt atau sama dengan lima volt. Dan apabila rangkaian sensor proximity menggunakan photodiode sebagai *receiver*, maka cara kerjanya ialah ketika pancaran cahaya LED dipantulkan oleh benda/garis berwarna hitam, maka intensitas cahaya pantulan yang diterima oleh photodiode akan rendah, kemudian tegangan keluaran yang dihasilkan adalah sama dengan nol volt atau mendekati nol volt. Dan kebalikannya apabila pancaran cahaya LED dipantulkan oleh benda/garis berwarna putih, maka intensitas cahaya pantulan yang diterima besar, sehingga tegangan keluaran yang dihasilkan adalah mendekati lima volt atau sama dengan lima volt (Alam, 2017).

Sensor Proximity Infrared tipe E18-D80NK merupakan jenis sensor yang memanfaatkan infrared untuk menangkap sebuah objek. Pada sensor ini memiliki *transmitter* dan *receiver* yang berguna sebagai pendeteksi sebuah objek. *Transmitter* dan *receiver* ini merupakan komunikasi satu arah yang disebut *transceiver*. *Transceiver* yang digunakan yaitu LED infrared. Cara kerja dari sensor ini adalah apabila objek berada di depan sensor dan dapat terjangkau oleh sensor maka *output* rangkaian sensor akan berlogika "0" atau "*low*" artinya objek ada. Sebaliknya

apabila objek berada pada posisi yang tidak terjangkau oleh sensor maka *output* sensor akan bernilai “1” atau “high” yang menandakan objek tidak ada (Frissta, 2019). Fungsi sensor proximity pada alat ini adalah hanya sebagai pengaman agar konsumsi baterai tidak besar dan agar komponen IC tidak panas. Untuk sensor proximity infrared tipe E18-D80NK dapat dilihat pada Gambar 16:



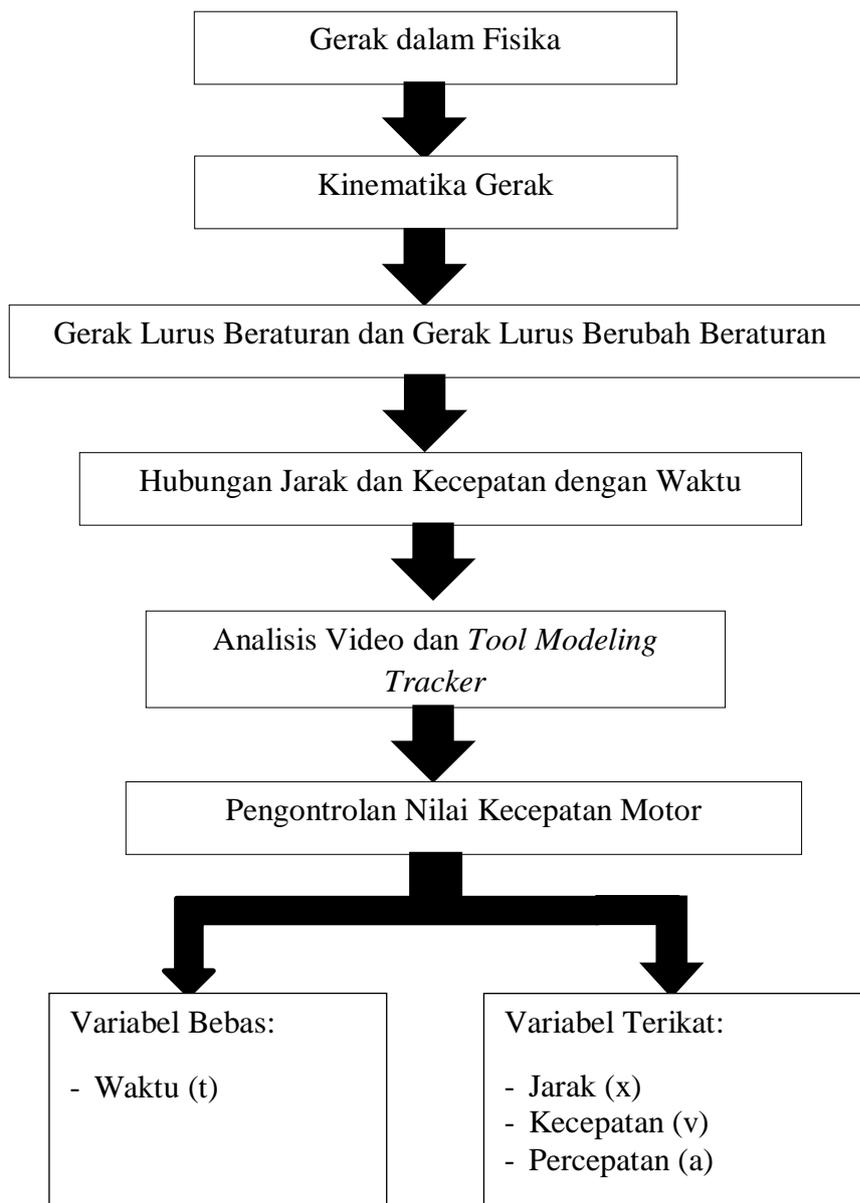
Gambar 16. Sensor Proximity Infrared E18-D80NK  
(Sumber: Frissta, 2019)

Spesifikasi sensor infrared tipe E18-D80NK:

- 1) Jarak deteksi: 3 cm sampai 80 cm
- 2) Sumber Cahaya: Infrared
- 3) Dimensi: 18 mm (D) x 45 mm (L)
- 4) Panjang Kabel Koneksi: 4.5 cm
- 5) Tegangan Input: 5 VDC
- 6) Konsumsi Arus: 100 mA

## B. Kerangka Konseptual

Untuk mempermudah dalam memahami tinjauan pustaka maka peneliti membuat kerangka konseptual. Kerangka konseptual berguna untuk menghubungkan keterkaitan antara variabel terikat dengan variabel bebas dapat diperhatikan pada Gambar 17:



Gambar 17. Kerangka Konseptual

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data beserta pembahasan terhadap set eksperimen gerak lurus berbantuan mobil *remote control* dengan pengontrolan kecepatan berbantuan analisis video dan *tool modelling tracker* dapat dikemukakan beberapa kesimpulan dari penelitian yaitu:

1. Hasil spesifikasi performansi *tool modelling* eksperimen gerak lurus memiliki panjang bidang luncur 2 m dan lebar 30 cm. Bidang luncur pada set eksperimen diberi warna hitam dengan dinding pembatas yang diberi mistar sepanjang 2 m. Mobil *remote control* diberi warna kuning agar terlihat kontras dengan bidang luncur. Pengaturan kecepatan menggunakan motor dc yang terpasang sebanyak empat buah. Komponen pengontrolan kecepatan yang tersusun dari arduino, *bluetooth* sebagai penyambung komunikasi antara mobil dengan android sebagai input kecepatan yang telah terinstal aplikasi, dan baterai sebagai catu daya untuk menggerakkan motor dc.
2. Hasil dari nilai ketepatan dan ketelitian dari *tool modelling* gerak lurus berbantuan mobil mainan dengan *remote control*. Nilai ketepatan pengukuran waktu tempuh dan kecepatan pada eksperimen GLB adalah 98,49% dan 97,22% dengan nilai ketelitian waktu tempuh dan kecepatan pada eksperimen GLB yaitu 99,37% dan 92,27%. Nilai ketepatan untuk pengukuran percepatan dan waktu pada eksperimen GLBB adalah 95,53% dan 95,50% dengan nilai ketelitian 95,53% dan 98,45%.

3. Hubungan antara besaran fisika pada gerak lurus pada GLB hubungan jarak dengan waktu adalah berbentuk garis linear, hubungan kecepatan dengan waktu berbentuk garis lurus yang bernilai konstan, hubungan percepatan dengan waktu bernilai nol, sedangkan pada GLBB hubungan jarak dengan waktu berbentuk garis parabola, hubungan kecepatan dengan waktu berbentuk garis linear, dan hubungan percepatan dengan waktu berbentuk garis lurus yang memiliki nilai konstan.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil yang telah dicapai dan kendala yang ditemukan dalam penelitian. Sebagai saran untuk tindak lanjut dan pengembangan dalam penelitian ini yaitu:

1. *Tool modelling* eksperimen gerak lurus berbantuan mobil mainan dengan pengaturan kecepatan menggunakan *remote control* layak digunakan untuk di laboratorium sekolah-sekolah, sehingga pemahaman materi mengenai kinematika gerak lurus tidak hanya dilakukan oleh guru di dalam kelas saja.
2. *Tool modelling* eksperimen gerak lurus dapat dikembangkan dengan menambahkan rangkaian sensor *photogate* untuk mengukur waktu saat benda bergerak.
3. *Tool modelling* eksperimen gerak lurus dapat dikembangkan dengan memprogram jarak antar variasi kecepatan yang besar atau batas maksimum perubahan kecepatan pada arduino.
4. *Tool modelling* eksperimen gerak lurus dapat dikembangkan dengan menambahkan variasi percepatan untuk eksperimen gerak lurus berubah beraturan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2016. *Fisika Dasar I*. Bandung: Intitus Teknologi Bandung.
- Amalia, Alvia. 2021. *Identifikasi Miskonsepsi Siswa Pada Materi GLB dan GLBB*. Jurnal Kependidikan Betara, e-ISSN: 2722-0052. Malang: Fakultas MIPA. Universitas Negeri Malang.
- Apriliani, Tawil, dkk. 2007. *Metodologi Pembelajaran Fisika*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Aulia. 2022. *Pengaruh Model Pembelajaran Problem Solving Terhadap Kemampuan Kognitif Dan Hasil Belajar Kelas VIII Materi GLB dan GLBB Di SMP Islam Al-Fattahiyah Boyolangu Tulungagung*. Available: <http://repo.uinsatu.ac.id/eprint/24783>.
- Djamarah, S.B. 2010. *Strategi Belajar Mengajar*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Andi, Nuryanto. 2016. *Rancang Bangun Mobil Remote Control Android Dengan Arduino*. Citec Journal. ISSN: 2354-5771.
- Anissofira, A. 2017. *Newton's Cradle Experiment Using Video Tracking Analysis with Multiple Representation Approach International Conference on Mathematics and Science Education (ICMSce), IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 895*.
- Asrizal, Yulkifli, Sofia, M. 2012. *Penentuan Karakteristik Sistem Pengontrolan Kelajuan Motor DC dengan sensor Optocoupler Berbasis Mikrokontroler AT89S52*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Asrizal, Yulkifli, Sovia, M. Asrizal, Yohandri, Kamus, Z. 2018. *Studi Hasil Pelatihan Analisis Video dan Tool permodelan Tracker pada Guru MGMP Fisika Kabupaten Agam*. Dalam Jurnal Eksakta Pendidikan (JEP) Vol.2, p-ISSN:2614-1221 e-ISSN 2579-806. Padang. Universitas Negeri Padang.
- Astono. 2004. *Common Textbook: Mekanika*. Yogyakarta: Penerbit UNY.
- Bagus, Lorenz. 2005. *Kamus Filsafat*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Benny, Yuni Katrin. 2010. *Media Teknologi*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Brown dan A. J. Cox. 2009. Innovative Uses of Video Analysis. *Phys. Teach.* Vol. 47, no.3, pp. 145-150. doi: 10.1119/1.3081296.
- Ciwa. 2020. *Konstruksi Motor DC*. <https://automation.or.id/2020/01/13/vsd-basic-4-motor-dc/>. Diakses 11 Mei 2020.

- Cooper, Donal R dan Emory, C. William. 1999. *Metode Penelitian Bisnis. Edisi kelima jilid 1*. Erlangga: Jakarta.
- Daryanto. 2003. *Fisika Teknik*. Jakarta: Bina Adiaksara.
- Even, T., Yulkifli, dan Yohandri, Y. 2017. Pembuatan Air Track Untuk Eksperimen Kinematika dan Dinamika Berbasis Mikrokontroler Atmega328. *Pillar of Physics*, Vol. 10, pp. 14-22.
- E. Yudaningtyas. 2017. *Belajar Sistem Kontrol: Soal dan Pembahasan*, UB Press., Malang.
- Febriana, A. Q. Nada. 2021. *Identifikasi Miskonsepsi Siswa Pada Materi GLB dan GLBB,* " *J. Kependidikan Betara*. Vol 2, no. 1, pp 43-50.
- Febrianto. 2013. *Mikrokontroler Arduino Uno Teknologi*. <https://ndoware.com/apa-itu-arduino-uno.html>. diakses 12 November 2020.
- Giancoli, Douglas C., 2001. *Fisika Jilid 1 (Terjemahan)*. Jakarta: Erlangga.
- Gregario, Jay B. 2015. *Using Video Analysis, Microcomputer-Based Laboratories (MBL's) and Educational Simulations as Pedagogical Tools in Revolutionizing Inquiry Science Teaching and Learning K-12 STEM Education*, Vol. 1, No. 1, pp. 43-64.
- Habibullah, M., dan Madlazim. 2014. *Penerapan Metode Analisis VideoSoftware Tracker Dalam Pembelajaran Fisika Konsep Gerak Jatuh Bebas Untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Siswa Kelas X SMAN 1 Sooko Mojokerto*. *Jurnal Pendidikan Fisika*. Vol. 4(1): 15-22.
- Halliday. 1997. *Fundamentals of Physics Fifth Edition*. USA. hlm. 82
- Halliday, David., Resnick, Ribert., Walker, Jearn. 2011. *Fundamental of Physics. 9th Edition*. John Wiley & Sons, Inc, United States of America.
- Harjasujana. 1987. *Proses Belajar Mengajar Membaca*. Bandung: Yayasan BHF.
- Hugh D. Young dan Roger A. Friedman. 2002. *Fisika Universitas (Terjemahan) Jilid.1*, Jakarta: Erlangga, hlm.90.
- J.F. 2005. *Fisika Universitas Jilid ke-10*. Jakarta: Erlangga.
- Jozi dan Aris. 2009. *Karakteristik Metodologi Penelitian Bidang Ilmu Komputer (IK) Berlandaskan Pendekatan Positivistik*. Universitas Gajah Mada dan Universitas Diponegoro. ISSN: 0854-0675, Vol. 17, No. 2.

- Kinchin, John. 2016. *Using Tracker to Prove the Simple Harmonic Motion Equation*. IOP Publishing Physics Education. 51: 1-2.
- Kirkup, L. 1994. *Experimental Method An Introduction to The Analysis and Presentation of Data*. John Willey & Sons: Singapore.
- Latifa, Ulinhuda. 2018. *Perancangan Robot Arm Gripper Berbasis Arduino Uno Menggunakan Antar Muka LabView*. Jurnal Uniska.
- Leni, Masnidar. 2017. *Statiska Deskriptif*. Jurnal Hikmah, ISSN 1829-8419. Lubuk Pakam.
- M. Abdullah. 2016. *Fisika Dasar 1*. ITB: Bandung.
- Mundilarto. 2010. *Penilaian Hasil Belajar Fisika*. Yogyakarta : P2IS UNY.
- Nurhayanti. 2017. *Catatan Kuliah Fisika Dasar 1*. Bandung: UIN Sunan Gunung Djati Bandung.
- Ogata K. 1997. *Teknik Kontrol Otomatik*, Edisi 2 Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Paul A. Tipler, *Fisika (Terjemahan)*, Jakarta: Erlangga, 1998, hlm. 88
- Rumagit, Wuwung, dkk. 2012. *Perancangan Sistem Switching 16 Lampu Secara Nirkabel Menggunakan Remote Control*. Teknik Elektro: UNSRAT. Manado.
- Saputra, Saka. 2017. *Rancang Bangun Heat Exchanger Tube Fin Satu Pass, Shell Tiga Pass untuk Pendingin Empon-empon*. FT: UMS.
- Serway, Raimond. A., Vuelle, Chris. 2012. *College Physics*. Ninth Edition, Charles Hartford, United States of America.
- Steven, Dringzuen. 2016. *Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno*. E-Journal Teknik Elektro dan Komputer. UNSRAT: Manado. ISSN: 2301-8402.
- Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan RnD*. Alfabeta.
- Suparno. 2007. *Metodologi Pembelajaran Fisika*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Tampubolon, F. H. 2010. *Perancang Switching Power Supply untuk Mencatu Sistem Sistem Pensaklaran IGBT pada Inverter*. Jakarta: UI.
- T. Indrasutanto. 2009. *Pendayagunaan Linear Air Track Untuk Percobaan Gerak Lurus Beraturan dan Gerak Lurus Berubah Beraturan*. Magister Science, ISSN: 0852-078x.

- Umar, F. 1994. *Metodologi Penelitian Untuk Insinyur*. Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Wahyu, Filda. 2020. *Persepsi Mahasiswa Tentang Pemahaman Konsep Kinematika Gerak Ditinjau dari Kemampuan Berpikir Kritis*. Unnes Physics Education Journal. ISSN: 2252-6953.
- Yanolanda, Yessi. 2018. *Mobil Remote Control Berbasis Arduino Dengan Sistem Kendali Android*. Fakultas Ilmu Komputer. E-ISSN 2540-7902. Universitas Dehasen Bengkulu.
- Yohandri. 2013. *Mikrokontroler dan Antar Muka*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Young, Hugh. D. 2012. *College Physics*. 9th Edition, Addison-Wesley.
- Yudaningtyas, E. 2017. *Belajar Sistem Kontrol SOAL & PEMBAHASAN*. Malang: UB Press.
- Zitzewitz, Paul. G. 2005. *Physics: Principles and Problems*. The McGraw-Hill Companies, Inc, United States of America.