# MODEL GESEKAN UDARA PADA EKSPERIMEN *AIR TRACK*

**MUHAMMAD ZAINIDIN ZIDAN**
**H1021211002**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI FISIKA**
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**
**UNIVERSITAS TANJUNGPURA**
**PONTIANAK**
**2025**

# MODEL GESEKAN UDARA PADA EKSPERIMEN *AIR TRACK*

**MUHAMMAD ZAINIDIN ZIDAN**
**H1021211002**

Skripsi
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Fisika

**PROGRAM STUDI FISIKA**
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**
**UNIVERSITAS TANJUNGPURA**
**PONTIANAK**
**2025**

## LEMBAR PENGESAHAN

| | |
|---|---|
| Judul Tugas Akhir | : Model Gesekan Udara pada Eksperimen *Air Track* |
| Nama Mahasiswa | : Muhammad Zainidin Zidan |
| NIM | : H1021211002 |
| Jurusan/Program Studi | : Fisika/Fisika |
| Tanggal Lulus | : 31 Juli 2025 |
| SK Pembimbing | : No. 4200/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 11 Desember 2024 |
| SK Penguji | : No. 2326/UN22.8/TD.06/2025/Tanggal 18 Juli 2025 |

Dosen Pembimbing

| Pembimbing I | Pembimbing II |
|---|---|
| Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si. | Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si., M.Si. |
| NIP198107302005011002 | NIP198102062006041003 |

Dosen Penguji

| Ketua Penguji | Anggota Penguji |
|---|---|
| Hasanuddin, S.Si, M.Si., Ph.D. | Dr. Dwiria Wahyuni, S.Si., M.Sc. |
| NIP198412162008121003 | NIP198206082008122001 |

| Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji) | Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji) |
|---|---|
| Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si. | Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si., M.Si. |
| NIP198107302005011002 | NIP198102062006041003 |

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
NIP197108022000031001

## PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

| | |
|---|---|
| Nama | : Muhammad Zainidin Zidan |
| NIM | : H1021211002 |
| Program Studi/ Jurusan | :Fisika/Fisika |
| Fakultas | :Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam |

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyatan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 31 Juli 2025




Muhammad Zainidin Zidan
NIM H1021211002

**MODEL GESEKAN UDARA PADA EKSPERIMEN *AIR TRACK***


## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan memodelkan pengaruh gesekan udara pada eksperimen gerak harmonik teredam menggunakan *linear air track*, serta menentukan pengaruh variasi simpangan awal terhadap nilai konstanta gesekan udara $(c)$. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan *glider* bermassa 0,2088 kg yang berosilasi di atas *linear air track* dengan dua pegas identik. Data posisi *glider* sebagai fungsi waktu diperoleh melalui pelacakan video menggunakan perangkat lunak Tracker. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model gerak harmonik teredam dengan gaya redaman sangat baik dalam menjelaskan pergerakan *glider*, yang ditunjukkan oleh koefisien korelasi $(R^2)$ yang tinggi, dengan nilai yang menunjukkan peningkatan kesesuaian model seiring dengan peningkatan simpangan awal. Koefisien redaman $(\gamma)$ yang diperoleh secara eksperimen merefleksikan besarnya gesekan udara yang bekerja pada sistem. Pengujian dengan variasi simpangan awal dari 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, dan 25 cm menunjukkan koefisien redaman $(\gamma)$ relatif konstan, dengan fluktuasi kecil yang berada dalam batas ketidakpastian eksperimen. Hasil ini konsisten dengan prediksi model teoretis gesekan udara dengan gaya redaman berbanding lurus dengan kecepatan, dan sejalan dengan temuan eksperimental mengenai gesekan udara pada *air track* yang disajikan oleh (Listiaji *et al.*, 2020).



**Kata kunci:** *air track*, gerak harmonik teredam, koefisien redaman

## *AIR FRICTION MODEL IN AIR TRACK EXPERIMENT*


### *Abstract*

*This study aims to analyze and model the effect of air friction on damped harmonic motion experiments using a linear air track, and to determine the influence of initial displacement variations on the air friction coefficient (c) . The experiment was conducted using a 0.2088 kg glider oscillating on a linear air track connected by two identical springs. Glider position data as a function of time was obtained through video tracking using Tracker software. The experimental results show that the damped harmonic motion model with damping force excellently describes the glider's movement, indicated by a high correlation coefficient ($R^2$), with values showing increasing model conformity with increasing initial displacement. The experimentally obtained damping coefficient ($\gamma$) reflects the magnitude of the air friction acting on the system. Tests with initial displacement variations of 5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm, and 25 cm showed a relatively constant damping coefficient ($\gamma$), with small fluctuations within the experimental uncertainty limits. These results are consistent with theoretical predictions of air friction models where the damping force is directly proportional to velocity, and align with experimental findings on air friction in air tracks presented by (Listiaji et al., 2020).*



***Keywords:*** *air track, damped harmonic motion, damping cofficient*

# PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **"Model Gesekan Udara Pada Eksperimen "*Air Track*"**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan selesainya S1 dalam Program Studi Fisika. Selama perkuliahan dan penelitian, penulis mendapat banyak bantuan secara moral maupun materil khususnya kepada Bapak Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si., selaku pembimbing 1 dan Bapak Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si, M.Si., selaku pembimbing 2 yang telah membimbing dan memberikan arahan, daran dan masukan kepada penulis. Selain itu, penulis dengan tulus mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Universitas Tanjungpura, Bapak Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si.
2. Bapak Dr. Bintoro Siswo Nugroho, S.Si, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Tanjugpura, sekaligus pembimbing akademik yang telah memberikan masukan, dukungan dan motivasi selama perkuliahan kepada penulis
3. Ketua Program Studi Fisika Universitas Tanjungpura Bapak Dr. Azrul Azwar, S.Si., M.Si.
4. Bapak Hasanuddin, P.hD dan Ibu Dr. Dwiria Wahyuni selaku dosen penguji pertama dan kedua dalam pelaksanaan ujian skripsi, seminar hasil dan seminar proposal
5. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura. atas segala ilmu dan pengetahuan yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
6. Kedua orang tua tercinta, Bapak H. M. Nasir Yacob (alm) dan Ibu Endang Nuraini, yang selalu memberikan doa, dukungan moral, materi, serta kasih sayang yang tak terhingga. Skripsi ini penulis persembahkan sebagai bentuk bakti dan terima kasih.
7. Saudara/i-ku Kak Ocha, Kak Yunni, Bg Imam, dan Dek Dzakky, atas dukungan dan semangat yang selalu mengiringi setiap langkah penulis.

8. Rekan-rekan seperjuangan Program Studi Fisika angkatan 2021, khususnya Raja, Amrah, Anti, Salwa, Juviko, atas kebersamaan, semangat, dan bantuan yang tak terhingga selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi.
9. Teman teman program Pertukaran Mahasiswa Merdeka Batch-IV Institut Teknologi Nasional Bandung, khususnya anggota kost ijo bu siti, yang telah memberikan banyak pengalaman yang luar biasa bagi penulis saat mengikuti program selama satu semester.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, atas segala bantuan, dukungan, dan doa yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari segi isi maupun penulisan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang Fisika, serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Pontianak, 31 Juli 2025

Muhammad Zainidin Zidan
H1021211002

## DAFTAR ISI


LEMBAR PENGESAHAN ..... ii
PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK ..... iii
PRAKATA ..... vi
DAFTAR GAMBAR ..... ix
DAFTAR TABEL ..... x
DAFTAR LAMPIRAN ..... xi
BAB I PENDAHULUAN ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 4
1.3 Batasan Masalah ..... 4
1.4 Tujuan Penelitian ..... 4
1.5 Manfaat Penelitian ..... 5
BAB II DASAR TEORI ..... 6
2.1 *Linear Air Track* ..... 6
2.1.1 Gaya Gesek dan Linear Air Track ..... 6
2.2 Tracker ..... 7
2.3 Gerak Harmonik Sederhana ..... 8
2.3.1 Sistem dua pegas satu massa ..... 10
2.4 Gerak Osilasi Teredam ..... 11
2.4.1 Osilasi Teredam Kurang ..... 11
2.4.2 Osilasi Teredam Kritis ..... 12
2.4.3 Osilasi Teredam Lebih ..... 12
BAB III METODOLOGI ..... 14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian ..... 14
3.2 Peralatan Penelitian ..... 14
3.3 Prosedur Kerja ..... 14
3.3.1 Pengambilan data ..... 15
3.3.2 Pengolahan data ..... 15
3.3.3 Analisis data ..... 16
3.4 Diagram Alir ..... 17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 19
4.1 Analisis Gerak Harmonik Teredam ..... 20
4.2 Plot Grafik Posisi Simpangan AwalTerhadap Waktu ..... 21
4.3 Karakteristik Gerak Harmonik Teredam pada *Linear Air Track* ..... 24
4.4 Pengaruh Simpangan Awal terhadap koefisien Redaman ..... 25
BAB V SIMPULAN DAN SARAN ..... 28
5.1 Kesimpulan ..... 258
5.2 Saran ..... 258
DAFTAR PUSTAKA ..... 29
LAMPIRAN ..... 32

## DAFTAR GAMBAR

**Gambar 2.1**. Penggunaan Tracker pada percobaan gerak dua dimensi .....8
**Gambar 2.2** Sebuah massa yang diikatkan pada dua buah pegas yang dipasang horizontal (Martin, M. *et all*., 2021) .....10
**Gambar 3.1**. Ilustrasi Pengaturan Eksperimen *Air Track*.....15
**Gambar 3.2**. Diagram Alir Penelitian.....18
**Gambar 4.1**. Plot grafik posisi terhadap waktu, waktu yang diberikan selama 5 detik.....21
**Gambar 4.2**. Plot grafik posisi (x) terhadap waktu (t) dengan simpangan awal 5 cm (a), 10 cm (b), 15 cm (c), 20 cm (d), 25 cm (e).....23
**Gambar 4.3**. Plot grafik amplitudo (A) terhadap waktu (t) yang menunjukkan amplitudo yang berkurang seiring berjalannya waktu. .....23

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil koefisien redaman (γ) untuk berbagai simpangan awal.....24

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Analisis data menggunakan perangkat lunak Tracker dengan simpangan awal 5 cm .....32
Lampiran 2: Analisis data menggunakan perangkat lunak Tracker dengan simpangan awal 10 cm .....32
Lampiran 3: Analisis data menggunakan perangkat lunak Tracker dengan simpangan awal 15 cm .....33
Lampiran 4: Analisis data menggunakan perangkat lunak Tracker dengan simpangan awal 20 cm .....33
Lampiran 5: Analisis data menggunakan perangkat lunak Tracker dengan simpangan awal 25 cm .....334

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Memahami gerak benda merupakan inti dari ilmu fisika, meskipun seringkali sulit dipahami secara murni akibat gesekan yang tak terhindarkan. Salah satu perangkat yang bisa digunakan untuk memahami gerak benda dalam pengajaran fisika adalah *linear air track*. Alat ini merupakan lintasan udara yang dirancang untuk mengurangi gesekan, sehingga memungkinkan demonstrasi berbagai prinsip mekanika dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. *Linear air track* kerap digunakan di laboratorium fisika untuk mempelajari gerak linear, menerapkan hukum Newton, memahami hukum kekekalan momentum, serta mengeksplorasi berbagai konsep mekanika lainnya.

Penelitian mengenai penggunaan *linear air track* dalam pembelajaran fisika telah dilakukan oleh Indrasutanto & Yunitasari, (2009); Maiza & Kurniasih, (2018); Hinrichsen, (2018); Hauko *et al.*, (2018). Pada penelitian tersebut dilaporkan bahwa *linear air track* dalam eksperimen fisika membantu siswa memahami konsep gerak benda dengan lebih efektif dibandingkan metode pembelajaran tradisional. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa alat ini tidak hanya mempermudah demonstrasi berbagai hukum fisika, tetapi juga memberikan peluang bagi siswa maupun mahasiswa untuk melakukan eksperimen dengan tingkat akurasi dan pengukuran yang lebih tinggi.

Penelitian tentang model gesekan udara dalam eksperimen *linear air track* bertujuan untuk memahami bagaimana dinamika gesekan memengaruhi benda yang bergerak di lintasan udara. *Linear air track* memanfaatkan aliran udara untuk mengurangi gesekan antara *glider* dan lintasannya, sehingga memungkinkan objek bergerak hampir tanpa hambatan. Kondisi ini mendekati situasi ideal untuk mempelajari gerak linear dan interaksi antar benda. Meskipun gesekan berhasil diminimalkan, tetap terdapat gaya gesek udara yang memengaruhi pergerakan objek di lintasan. Memahami cara kerja dan dampak gaya gesek udara ini sangat penting untuk meningkatkan akurasi serta efektivitas *linear air track* sebagai alat

pembelajaran fisika. Listiaji et al., (2020) melaporkan bahwa hasil penelitian menunjukkan hambatan udara memengaruhi gerak *glider*, dengan kecepatan *glider* menurun secara eksponensial dan hubungan jarak-waktu menunjukkan tren tidak linear. Nilai konstanta hambatan udara yang diperoleh pada penelitian tersebut adalah (10,6 ± 0,1) gram/s untuk kecepatan awal 12,272 cm/s, (10,6 ± 0,2) gram/s untuk kecepatan awal 16,286 cm/s, dan (11,1 ± 0,2) gram/s untuk kecepatan awal 24,599 cm/s.

Penelitian ini akan berfokus pada analisis gesekan udara yang memengaruhi pergerakan *glider* di atas *linear air track* dengan eksperimen gerak harmonik teredam. Gesekan udara menjadi salah satu faktor yang dapat memengaruhi tingkat akurasi hasil eksperimen. Meskipun nilainya jauh lebih kecil dibandingkan gesekan permukaan pada umumnya, gesekan ini tetap dapat menyebabkan perbedaan hasil yang signifikan dalam eksperimen dengan kebutuhan akurasi tinggi. Oleh karena itu, memahami dan memodelkan gesekan udara secara tepat menjadi hal yang sangat penting. Pemodelan yang akurat akan membantu meningkatkan keandalan hasil eksperimen yang menggunakan *linear air track*.

Ada berbagai cara untuk mengukur dan menganalisis gerak pada *linear air track*. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah memanfaatkan perangkat lunak video Tracker untuk menganalisis gerak *glider* di sepanjang lintasan. Pada perangkat lunak ini akan dibutuhkan video untuk dapat di analisis pergerakan objek yang ada pada video. Penggunaan alat eksperimen *linear air track* dan perangkat lunak video analisis dapat menjadi strategi pembelajaran fisika yang efektif (Wijayanto and Susilawati, 2015). Teknologi ini mengurangi miskonsepsi dan membantu siswa maupun mahasiswa memahami konsep kinematika gerak dengan lebih baik.

Pemanfaatan perangkat lunak seperti Tracker dalam pengumpulan dan analisis data menawarkan sejumlah keuntungan tambahan. Tracker, perangkat lunak *open-source* yang dirancang untuk analisis video dalam pendidikan fisika (Nurinsani *et al.*, 2017), memungkinkan analisis rinci gerakan *glider* di sepanjang *linear air track* dengan mengukur kecepatan, percepatan, dan posisi secara akurat dan *real-time* (Nugroho *et al.*, 2023). Berbeda dengan *photogate* yang hanya

mengukur kecepatan pada titik tertentu, Tracker memberikan data yang lebih komprehensif dan mendetail serta fleksibilitas untuk berbagai jenis eksperimen fisika, termasuk gerak linear, rotasi, dan gerak parabola. Tracker menyediakan visualisasi yang membantu pemahaman konsep fisika, mudah digunakan, dan tidak memerlukan peralatan khusus atau biaya tambahan seperti *photogate*. Kalibrasi dalam Tracker juga lebih sederhana dan efisien, serta memungkinkan analisis data yang lebih lanjut, memberikan gambaran lengkap tentang dinamika gerakan. Sebagai perangkat lunak *open-source*, Tracker lebih ekonomis dibandingkan *photogate* dan dapat digunakan dalam pembelajaran jarak jauh, memungkinkan siswa dan mahasiswa mengumpulkan dan menganalisis data dari rumah. Dengan semua keuntungan ini, penggunaan Tracker dipilih sebagai alat utama untuk pengumpulan dan analisis data penelitian ini karena diharapkan memberikan hasil yang lebih akurat, efektif dan mudah diakses, sserta mendukung pembelajaaran yang lebih baik dan pemahaman yang lebih baik tentang konsep fisika.

Data yang diperoleh kemudian dapat dimanfaatkan untuk menghitung gaya gesek yang bekerja serta memverifikasi model matematis dari gesekan udara. Dengan demikian, penggunaan Tracker tidak hanya mendukung analisis yang lebih cermat, tetapi juga memberikan visualisasi yang jelas terhadap gerakan *glider*. Dengan menggunakan aplikasi analisis video Tracker, proses pengamatan eksperimen yang telah direkam dalam bentuk video dapat diolah dengan lebih tepat, sehingga informasi yang diperoleh berupa besaran-besaran yang diperlukan untuk menentukan nilai koefisien gesek antara pasangan permukaan bahan (Humairo *et al.*, 2018).

Penelitian ini akan meneliti salah satu pengaruh variabel terhadap gesekan udara pada *linear air track*. Salah satu variabel yang akan diteliti adalah simpangan awal yang diberikan *glider* pada eksperimen yang akan dilakukan pada *linear air track*. Setiap variabel akan diuji secara sistematis untuk menentukan pengaruhnya terhadap gaya gesek yang terjadi. Diharapkan hasil penelitian ini akan memberikan pedoman untuk mengoptimalkan penggunaan jalur *linear air track* dalam pembelajaran fisika, sehingga mahasiswa dapat melakukan eksperimen dengan hasil yang lebih akurat.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh gesekan udara pada eksperimen gerak harmonik teredam menggunakan *linear air track.*?
2. Bagaimana pengaruh variasi simpangan awal terhadap nilai koefisien gesekan udara pada eksperimen gerak harmonik teredam menggunakan *linear air track.*?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Penggunaan *linear air track* sebagai alat eksperimen untuk mempelajari dinamika gerak *glider* menggunakan metode gerak harmonik sederhana dengan mempertimbangkan gesekan udara.
2. Mempertimbangkan pengaruh gesekan udara, tanpa mempertimbangkan faktor lain seperti gravitasi atau gaya eksternal lainnya.
3. Pengumpulan dan analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak Tracker.
4. Menggunakan benda dengan massa yang sudah ditentukan untuk menjaga konsistensi hasil eksperimen.
5. Mempertimbangkan variasi simpangan awal dari posisi seimbang objek pada lintasan dan pengaruhnya terhadap konstanta gesekan udara, tanpa mempertimbangkan faktor eksternal lain.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Menganalisis dan memodelkan pengaruh gesekan udara pada eksperimen gerak harmonik teredam menggunakan *linear air track.*

2. Menentukan pengaruh variasi simpangan awal terhadap nilai koefisien gesekan udara pada eksperimen gerak harmonik teredam menggunakan *linear air track.*

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi terhadap pemahaman tentang dinamika gesekan udara pada penggunaan *linear air track* dengan perangkat lunak Tracker sebagai penghitung waktu dan perpindahan posisi yang akan mempermudah peneliti lain dalam pengambilan data. Penelitian ini juga diharapkan dapat memperkaya wawasan di bidang fisika dan menjadi sumber referensi bagi peneliti lain yang tertarik dengan topik serupa.

# BAB II
# DASAR TEORI

## 2.1 Linear Air Track

*Linear air track* memiliki peran penting dalam pembelajaran fisika. Dengan menciptakan lingkungan yang hampir bebas gaya gesek, *linear air track* memungkinkan pelaksanaan berbagai praktikum, seperti tumbukan (Kristiono *et al.*, 2019), hukum kekekalan massa, dan prinsip-prinsip fisika lainnya (DeGuzman, 2014).

### 2.1.1 Gaya Gesek dan *Linear Air Track*

Hukum pertama Newton menyatakan bahwa suatu objek akan tetap diam jika tidak ada gaya eksternal yang bekerja padanya, dan objek yang bergerak akan mempertahankan kecepatannya secara konstan. Dengan kata lain, tanpa adanya gaya yang memengaruhi suatu benda, benda tersebut tidak akan mengalami perubahan kecepatan atau percepatan. Dalam kehidupan sehari-hari, hampir semua benda yang bergerak selalu dipengaruhi oleh gaya. Saat bergerak, benda-benda ini berinteraksi dengan lingkungannya, baik dengan benda padat maupun fluida seperti air dan udara. Ketika sebuah objek bergerak dan bersentuhan dengan permukaan, gaya hambatan yang disebut gaya gesek pun akan muncul (Halliday *et al.*, 2014). Dalam kehidupan sehari-hari, jarang ditemukan contoh objek yang bergerak tanpa dipengaruhi oleh gaya gesek. *Linear air track* menciptakan lingkungan dengan gaya gesek yang sangat kecil, sehingga memungkinkan kita untuk mengamati berbagai peristiwa yang berkaitan dengan hukum pertama Newton (Adang *et al.*, 2017).

Dalam percobaan laboratorium menggunakan *liniear air track, glider* bergerak linear dengan kecepatan rendah pada lintasan *linear air track*. *Glider* akan mendapat gaya hambat udara sehingga kecepatannya akan berkurang seiring berjalannya waktu. Untuk kecepatan rendah, gaya hambat udara akan sebanding dengan kecepatan *v glider* (2.2).

$$F = -cv \tag{2.1}$$

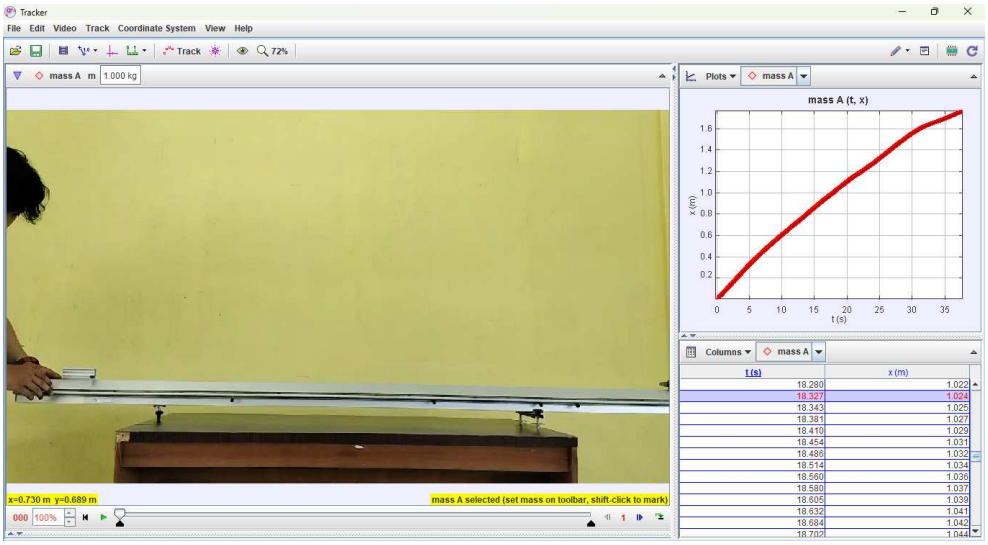
$$F \propto v \tag{2.2}$$

Persamaan 2.1 menjelaskan $F$ adalah gaya hambat udara, $c$ adalah konstanta gesekan udara, yang bergantung pada dimensi suatu benda dan kepadatan udara. Tanda negatif menunjukkan bahwa gaya redaman selalu berlawanan arah dengan kecepatan, dengan artian selalu mencoba menghambat gerak.

## 2.2 Tracker

Tracker adalah salah satu aplikasi yang banyak dimanfaatkan untuk memodelkan berbagai fenomena kinematika (Oktriyeni and Putra, 2019 ; Ristanto, 2012 ; Fadholi *et al.*, 2018). Tracker juga aplikasi yang dapat digunakan untuk melacak gerak suatu objek, sehingga memungkinkan pengumpulan informasi yang diperlukan untuk menganalisis suatu peristiwa gerak (Wee and Lee, 2012). Tracker secara sederhana berfungsi untuk melacak gerak suatu objek, sehingga berbagai informasi yang diperlukan untuk menganalisis peristiwa gerak dapat diperoleh. Dengan merekam fenomena gerak nyata menggunakan perekam video, hasil rekaman tersebut kemudian dapat diolah menggunakan aplikasi Tracker (Andriani *et al.*, 2021).

Pada aplikasi Tracker ini menyediakan berbagai fitur yang memudahkan pengguna untuk menganalisis pergerakan objek dalam video. Fitur utama Tracker meliputi pengimporan video yang mampu mengimpor berbagai video, mengkalibrasi video dengan menentukan skala dan sistem koordinat. Kalibrasi yang tepat sangat penting untuk mendapatkan data yang akurat. Skala dapat diatur dengan menggunakan objek yang ukurannya diketahui dalam video, dan sistem koordinatnya dapat diputar dan digeser sesuai dengan kebutuhan. Aplikasi ini juga menyediakan berbagai metode pelacakan objek, termasuk pelacakan manual dengan menandai objek pada setiap *frame*, pelacakan otomatis dan juga semi otomatis. Pada aplikasi Tracker juga memungkinkan pengguna untuk membuat model matematis dari pergerakan.




**Gambar 2.1**. Penggunaan Tracker pada percobaan gerak dua dimensi

Penggunaan Tracker dalam analisis gerak dua dimensi memberikan keuntungan signifikan dalam pembelajaran dan penelitian. Pertama, Tracker menghasilkan data kuantitatif posisi dan waktu dengan presisi tinggi dari video, krusial untuk perhitungan kecepatan dan analisis gerak dua dimensi secara kuantitatif. Kedua, visualisasi gerak melalui grafik posisi terhadap waktu ($x - vs - t$) yang dihasilkan Tracker memberikan pemahaman yang jelas. Pada gerak dua dimensi yang ditunjukkan Gambar 2.1, grafik $x - vs - t$ berupa garis lurus yang memvalidasi konsep kecepatan konstan, dan kemiringannya dapat diukur untuk menentukan kecepatan objek. Ketiga, Tracker memungkinkan verifikasi eksperimen konsep gerak dua dimensi untuk mahasiswa dapat mengamati pergerakan, mengumpulkan data, dan menganalisis grafik untuk membuktikan kecepatan. Terakhir, penggunaan Tracker menjadikan pembelajaran fisika lebih interaktif dan menarik; mahasiswa terlibat langsung dalam pengumpulan dan analisis data, meningkatkan pemahaman konsep dan motivasi belajar.

## 2.3 Gerak Harmonik Sederhana

Gerak harmonik sederhana pada pegas terjadi ketika suatu benda yang terhubung dengan pegas bergerak osilasi bolak-balik di sekitar titik keseimbangan. Pergerakan ini disebabkan oleh gaya pemulih yang dihasilkan oleh pegas itu sendiri. Gaya ini mengikuti Hukum Hooke, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$F = -kx \tag{2.3}$$

$F$ adalah gaya pemulih, $k$ adalah konstanta pegas, dan $x$ adalah simpangan dari posisi seimbang. Dzar et al., (2019) melaporkan, metode analisis dinamik yang memanfaatkan Tracker terbukti lebih akurat dalam menentukan periode osilasi pegas jika dibandingkan dengan metode statik. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan pengolahan data berbasis video dapat meningkatkan ketelitian eksperimen gerak harmonik sederhana.

Frekuensi sudut osilasi pegas (ω) menggambarkan kecepatan terjadinya osilasi dalam satuan radian per detik. Rumus untuk menghitung frekuensi sudut tersebut adalah:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \tag{2.4}$$

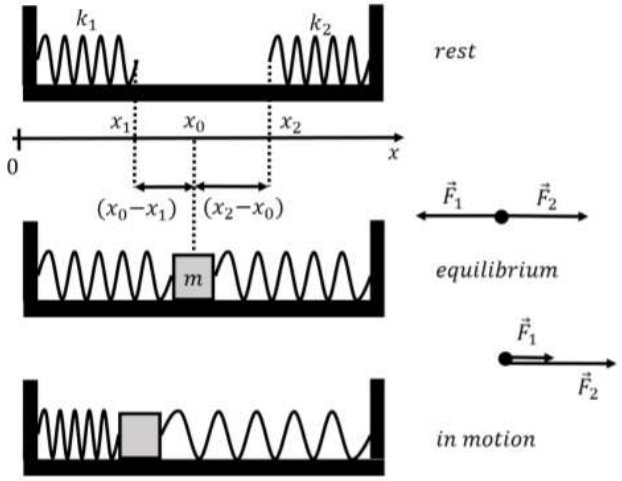
$m$ merupakan massa benda yang terhubung pada pegas. Dengan informasi ini, kita dapat menentukan periode ($T$) dan frekuensi ($f$) dengan cara berikut:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}} \tag{2.5}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \tag{2.6}$$

Penelitian yang dilakukan oleh (Rismawan and Aisiyah, 2023) mengungkapkan bahwa eksperimen gerak harmonik dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan percepatan gravitasi, khususnya dalam sistem vertikal. Pendekatan ini menawarkan pemahaman baru dalam metode eksperimen yang berbasis pegas.

2.3.1 Sistem dua pegas satu massa




**Gambar 2.2** Sebuah massa yang diikatkan pada dua buah pegas yang dipasang horizontal (Martin, M. *et all*., 2021)

Gambar 2.2 merupakan sistem dua buah pegas yang memiliki konstanta $k_1$ dan $k_2$ yang dipasang secara horizontal pada satu buah massa. Sistem ini digunakan untuk mempelajari pengaruh gabungan dari dua buah pegas terhadap gerak osilasi sebuah benda.

Ketika massa digeser dari posisi kesetimbangannya dan dilepas, gaya pemulih yang bekerja padanya berasal dari gaya elastis kedua buah pegas. Gaya total yang dialami masa dapat dituliskan sebagai:

$$\sum F_{pemulih} = (-k_1 x) + (-k_2 x) = -(k_1 + k_2)x \qquad (2.7)$$

$x$ adalah simpangan massa dari posisi kesetimbangannya. Persamaan 2.7 menunjukkan bahwa sistem berperilaku seperti osilator harmonik sederhana dengan konstanta gaya total sebesar:

$$k_{total} = k_1 + k_2 \qquad (2.8)$$

$k_{total}$ merupakan total dari nilai dua buah konstanta pegas yang terdapat pada sistem.

## 2.4 Gerak Osilasi Teredam

Gerak harmonik merupakan suatu fenomena yang signifikan dalam bidang fisika dan teknik, yang sering kali dianggap terjadi dalam situasi ideal tanpa adanya gesekan untuk mempermudah pemahaman (Fauzi, 2011). Akan tetapi, dalam praktiknya, gesekan selalu ada dan berperan dalam gerak harmonik (Mukharomah *et al.*, 2021). Misalnya, sebuah ayunan sederhana akan terhenti bergetar karena adanya gesekan dengan udara serta gesekan di bagian titik tumpunya.

Gaya gesek yang terjadi pada sistem yang mengalami osilasi teredam bergerak berlawanan arah dengan gerakan osilasi dan berhubungan langsung dengan kecepatan osilasi benda tersebut. Hal tersebut dapat dirumuskan pada persamaan (2.1), $F$ merupakan gaya gesek udara yang bekerja pada benda yang bersosilasi, $c$ merupakan konstanta redaman, dan $v$ adalah kecepatan osilasi.

$$\sum F = ma \tag{2.9}$$

$$-kx - cv = ma \tag{2.10}$$

$$-c\frac{dx}{dt} - kx = m\frac{d^2x}{dt^2} \tag{2.11}$$

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + c\frac{dx}{dt} + kx = 0 \tag{2.12}$$

Persamaan (2.12) merupakan persamaan diferensial orde dua yang menggambarkan gerak osilasi teredam. Persamaan tersebut bergantung pada besar redaman relatif terhadapat massa dan kekuatan sistem, Solusi dari persamaan 2.12 terbagi menjadi tiga jenis redaman:

### 2.4.1 Osilasi Teredam Kurang

Osilasi teredam kurang merupakan salah satu jenis gerak osilasi teredam yang terjadi ketika sistem osilasi mengalami gaya redaman, namun redaman tersebut tidak cukup kuat untuk menghentikan osilasi secara langsung. Dalam kondisi ini, sistem tetap berosilasi bolak-balik, namun amplitudo getaran semakin mengecil seiring waktu.

Sistem disebut Teredam Kurang jika redaman memenuhi syarat $c^2 < 4mk$. Dalam kondisi ini, Solusi persamaan gerak dapat dituliskan:

$$x = A\mathrm{e}^{-\left(\frac{c}{2m}\right)t}\, cos(\omega' t+\phi) \tag{2.13}$$

Solusi persamaan (2.11) diatas menunjukan A adalah amplitudo awal, t adalah waktu, $\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \left(\frac{c}{2m}\right)^2}$ adalah frekuensi osilasi teredam, dengan $\omega_0$ adalah frekuensi alami tanpa redaman dan $\phi$ adalah fase awal. Amplitudo gerak harmonik teredam tidak konstan, melainkan berkurang secara eksponensial terhadap waktu karena faktor $\mathrm{e}^{-\left(\frac{c}{2m}\right)t}$.

2.4.2 Osilasi Teredam Kritis

Suatu sistem dikatakan teredam kritis jika koefisien redaman mencapai nilai kritis yang memisahkan antara gerak osilasi dan non-osilasi. Sistem ini tidak berosilasi, gerak massa akan kembali ke posisi kesetimbangan dengan secepat mungkin tanpa melewati titik kesetimbangan. Sistem disebut Terdedam Kritis jika $c^2 = 4mk$, solusi persamaan gerak dapat dituliskan sebagai berikut:

$$x = (A + Bt)\mathrm{e}^{-\left(\frac{c}{2m}\right)t} \tag{2.14}$$

2.4.3 Osilasi Teredam Lebih

Sistem dikatakan teredam lebih jika redaman lebih besar dari nilai kritis, menyebabkan sistem kembali ke setimbangan secara lambat tanpa berosilasi. Sistem overdamped juga tidak berosilasi, sistem kembali ke posisi kesetimbangan secara lambat, lebih lambat daripada teredam kritis. Sistem Teredam Lebih dikatakan jika $c^2 > 4mk$, solusi persamaan gerak dapat dituliskan sebagai berikut:

$$x = \left(A\mathrm{e}^{-\left(\frac{c}{2m}\right)_1 t} + B\mathrm{e}^{-\left(\frac{c}{2m}\right)_2 t}\right) \tag{2.15}$$

Tiga jenis gerak osilasi teredam, dibedakan berdasarkan besar redaman terhadap massa dan kekakuan sistem. Pada kondisi teredam kurang, sistem masih berosilasi dengan amplitudo yang menurun secara eksponensial. Pada teredam kritis sistem kembali ke posisi setimbang tanpa osilasi dan dengan waktu tercepat. Sedangkan pada teredam lebih, sistem juga tidak berosilasi namun kembali ke titik setimbang lebih lambat. Pemahaman ketiga jenis redaman ini penting untuk merancang sistem dinamis yang stabil dan sesuai kebutuhan aplikasi. A dan B

merupakan konstanta integrasi yang nilainya ditentukan oleh kondisi awal sistem pada sistem teredam kritis dan teredam lebih.