



Pengembangan LKM Berbasis *Tracker Video Analysis* sebagai Media Pembelajaran pada Materi Koefisien Gesek

Nila Mutia Dewi^{1),*}, Umi Uswatun Khasanah¹⁾, Alimah Nuryanti²⁾, Ernasari¹⁾

¹⁾Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Jember

²⁾Program Studi Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, UIN Raden Intan Lampung

*Corresponding Author: nilamutia@unej.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) berbasis *Tracker Video Analysis* pada materi koefisien gesek yang valid dan praktis digunakan dalam pembelajaran fisika dasar. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan mengadaptasi model 4D yang meliputi tahap *define, design, develop, dan disseminate*. Subjek uji coba terbatas terdiri dari 9 mahasiswa pendidikan fisika. Instrumen yang digunakan meliputi lembar validasi ahli dan angket respons mahasiswa. Data dianalisis menggunakan persentase deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LKM yang dikembangkan memperoleh nilai validitas sebesar 95% dengan kategori sangat valid. Sementara itu, hasil uji kepraktisan menunjukkan nilai rata-rata sebesar 82% dengan kategori sangat praktis. Hasil tersebut menunjukkan bahwa LKM berbasis *Tracker Video Analysis* layak digunakan sebagai media pembelajaran untuk membantu mahasiswa memahami konsep koefisien gesek melalui kegiatan praktikum berbasis analisis video.

Kata Kunci: *Tracker Video Analysis*; Media Pembelajaran Fisika; Lembar Kerja Mahasiswa, Koefisien Gesek

This is an open access article under the CC - BY license.



PENDAHULUAN

Kegiatan praktikum tidak dapat dipisahkan dalam pembelajaran fisika. Keduanya saling membutuhkan, di mana teori fisika memberi makna pada kegiatan praktikum, sedangkan praktikum menjadikan fisika tidak hanya sekadar hafalan rumus. Kegiatan praktikum, terutama dalam pembelajaran fisika, berfungsi untuk membantu siswa menguji kebenaran teori serta membuat konsep lebih mudah dipahami dan diingat (Farhan et al., 2021; Yusiani et al., 2025). Selain itu, kegiatan ilmiah ini membuat siswa lebih tertarik dan aktif ketika belajar dibandingkan hanya menggunakan metode ceramah. Praktikum juga menumbuhkan rasa ingin tahu, kejujuran, tanggung jawab, dan kerja sama, serta melatih keterampilan proses sains siswa (Fitriya & Maiyanti, 2023; Wiwin & Kustijono, 2018). Sebagai calon guru fisika, mahasiswa tidak hanya harus menguasai konsep secara teoritis, tetapi juga harus mampu membuktikannya secara empiris melalui kegiatan praktikum.

Mahasiswa fisika melakukan kegiatan praktikum secara konvensional di laboratorium menggunakan alat dan bahan yang sudah tersedia. Hambatan yang sering terjadi pada kegiatan tersebut terletak pada hasil pengukuran yang memiliki tingkat kesalahan (*error*) yang relatif tinggi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, faktor alat dan lingkungan, misalnya kalibrasi yang tidak tepat sehingga menyebabkan deviasi sistematis antara nilai ukur dan nilai sebenarnya. Kedua, kesalahan dalam pengambilan dan pengolahan data yang menimbulkan error numerik cukup besar. Ketiga, faktor manusia seperti kesalahan membaca alat yang berdampak pada hasil percobaan yang jauh dari teori (Ocholla et al., 2025). Dari ketiga faktor tersebut, sebenarnya faktor ketiga merupakan faktor yang dapat dicegah dengan mengintegrasikan teknologi sebagai alat bantu dalam melakukan kegiatan praktikum.

Beberapa *software* yang dapat dimanfaatkan dalam mengatasi masalah presisi dan visualisasi dalam kegiatan praktikum antara lain adalah *Phyphox* dan *Tracker Video Analysis*. Kedua aplikasi ini biasanya digunakan dalam praktikum modern. Meskipun sama-sama dapat digunakan dalam kegiatan praktikum, tetapi keduanya memiliki perbedaan yang signifikan. Dalam aspek prinsip kerja, *Phyphox* memanfaatkan sensor yang ada di *smartphone* seperti accelerometer, gyroscope, magnetometer, dan mikrofon. Sedangkan *Tracker Video Analysis*

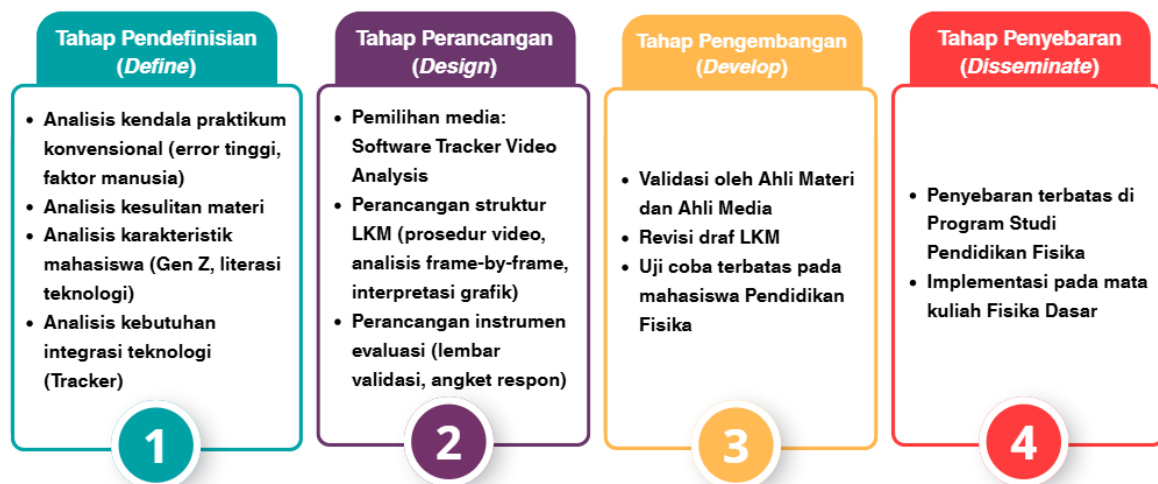
melakukan analisis posisi objek pada video secara *frame by frame* (Amaliah et al., 2020; Coramik & İnanç, 2023). Dalam aspek data utama, data utama pada *Phyphox* adalah percepatan, kecepatan sudut, medan magnet, waktu tumbukan, frekuensi suara, dan sebagainya (Chandra, 2024; Sha, 2025; Staacks et al., 2018). Sementara itu, data utama pada *Tracker Video Analysis* adalah posisi, kecepatan, percepatan, sudut, dan lintasan 2D pada gambar. Pada penelitian ini, peneliti akan menggunakan *Tracker Video Analysis* karena dinilai lebih sesuai dengan topik yang dipilih, yakni pengukuran koefisien gaya gesek. Pada praktikum pengukuran koefisien gaya gesek konvensional, transisi benda dari kondisi diam (statis) ke bergerak (kinetis) sulit diamati dengan mata telanjang. Penggunaan *Tracker Video Analysis* dapat membantu mengatasi permasalahan tersebut. Namun, pengintegrasian *Tracker Video Analysis* dalam kegiatan praktikum, perlu didukung oleh perangkat pembelajaran yang sesuai. Terutama tersedianya lembar kerja mahasiswa (LKM) yang relevan.

Pengembangan lembar kerja yang mengintegrasikan *Tracker Video Analysis* sebenarnya sudah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya. Seperti penelitian Rahman et al. (2024) yang mengembangkan lembar kerja untuk siswa pada materi Hukum Kekekalan Energi Mekanik. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa lembar kerja tersebut valid dan praktis untuk digunakan dalam pembelajaran fisika. Hal ini dikuatkan oleh Aguilar-Marín et al. (2018) yang menyatakan bahwa software *Tracker Video Analysis* efektif dalam mensimulasikan dan menganalisis hasil eksperimen, sehingga cocok digunakan untuk siswa sekolah menengah. Selain itu, menurut Karuru et al. (2023), siswa memberikan respons positif terhadap penggunaan software *Tracker Video Analysis* pada percobaan fisika di laboratorium. Namun, meskipun software *Tracker Video Analysis* sudah mulai dikenal secara luas, pengembangan dalam bentuk lembar kerja yang sistematis untuk materi koefisien gesek di tingkat mahasiswa masih terbatas. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan LKM berbasis *Tracker Video Analysis* yang valid dan praktis yang dapat digunakan dalam perkuliahan Fisika Dasar 1.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan mengadaptasi model pengembangan 4D. Model Pengembangan 4D terdiri dari 4 tahapan yaitu pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*) dan penyebaran (*disseminate*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Model ini digunakan sebagai kerangka sistematis dalam mengembangkan produk LKM, sedangkan pendekatan pembelajaran yang diintegrasikan dalam LKM mengacu pada model inkuiri Suchman (1961).



Gambar 1. Tahapan Pengembangan model 4D

Prosedur Pengembangan

Tahap pendefinisian (*Define*)

Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah melakukan identifikasi masalah melalui observasi kegiatan pembelajaran. Tahapan tersebut dilanjutkan dengan analisis dokumen kurikulum, mengkaji karakteristik mahasiswa, serta analisis materi dan media pembelajaran yang relevan (Gazali & Saefuloh, 2019; Indaryanti et al., 2025; Muqdamien et al., 2021). Hasil observasi menunjukkan adanya kendala pada saat

melakukan kegiatan praktikum, yakni hasil percobaan yang tidak sesuai dengan teori. Salah satu faktor penyebabnya adalah kurang telitnya mahasiswa saat membaca hasil pengukuran. Selanjutnya dilakukan analisis dokumen kurikulum, yang menunjukkan bahwa lembar kerja mahasiswa yang digunakan belum terintegrasi dengan teknologi. Pada tahap identifikasi karakteristik mahasiswa diketahui bahwa mahasiswa pendidikan fisika merupakan bagian dari generasi Z yang memiliki literasi teknologi yang baik. Selain itu, dilakukan identifikasi teknologi yang dapat digunakan sebagai alat bantu dalam kegiatan praktikum, dan diperoleh dua alternatif, yaitu *Phyphox* dan *Tracker Video Analysis*. Berdasarkan kesesuaian topik yang akan dikaji, dipilih *Tracker Video Analysis* sebagai teknologi pendukung. *Tracker Video Analysis* dipilih karena kemampuannya memvisualisasikan gerak lintasan (*trajectory*) dan grafik kinematika secara simultan, yang krusial untuk menganalisis momen tepat saat benda mulai bergerak (transisi statis ke kinetis). Dengan demikian, ditetapkan bahwa diperlukan pengembangan lembar kerja mahasiswa yang terintegrasi dengan *Tracker Video Analysis*. Kebutuhan ini menjadi dasar dalam merancang LKM yang tidak hanya berorientasi pada hasil, tetapi juga pada proses berpikir ilmiah mahasiswa.

Tahap perancangan (*design*)

Tahap selanjutnya adalah tahap perancangan (*design*). Tahap ini merupakan tindak lanjut dari hasil analisis pada tahap *define*. Inti dari tahap ini adalah menyusun desain awal berupa produk atau *prototype* yang siap dikembangkan dan diuji kelayakan. Selain itu, pada tahap ini ditentukan bentuk, struktur, tampilan serta instrumen evaluasi yang akan digunakan. Rancangan tersebut disesuaikan dengan tujuan dan kebutuhan yang telah diidentifikasi pada tahap *define* (Kartika et al., 2022; Wulandari et al., 2022). Pada tahap perancangan mulai ditentukan format tampilan dan struktur LKM, meliputi layout halaman dan komponen-komponen yang akan dimasukkan ke LKM. Selanjutnya disusun rancangan atau draft lengkap LKM, serta instrumen evaluasi berupa lembar validasi dan angket respon. Pada tahap ini juga ditentukan alur kegiatan LKM yang disesuaikan dengan tahapan inkuiri Suchman (1961), sehingga setiap aktivitas memiliki tujuan kognitif yang jelas.

Tahap pengembangan (*develop*)

Tahap ketiga dalam penelitian ini adalah tahap pengembangan (*develop*). Pada tahap ini, rancangan awal yang dihasilkan pada tahap *design* mulai direalisasikan menjadi produk yang siap digunakan melalui proses pembuatan serta uji kelayakan. Uji kelayakan produk dilakukan melalui dua parameter utama, yaitu validitas (oleh ahli) dan kepraktisan (oleh pengguna/mahasiswa). Penelitian ini tidak menguji efektivitas produk secara eksperimen, melainkan berfokus pada kelayakan awal produk. Hasil penilaian validasi dari para ahli disajikan dalam bentuk persentase dengan rumus (1).

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Nilai maksimal}} \times 100\% \quad (1)$$

Selanjutnya, nilai persentase diidentifikasi ke dalam beberapa kategori yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penilaian kevalidan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) (Sa'dun Akbar, 2017)

Persentase Nilai	Kategori
75-100%	Sangat Valid
50-75%	Valid
26-50%	Cukup Valid
<26%	Tidak Valid

Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) dikatakan valid jika hasil persentase penilaian $\geq 50\%$.

Data kepraktisan diperoleh dari angket respons yang diisi oleh mahasiswa setelah menggunakan LKM dalam kegiatan praktikum. Data tersebut dianalisis untuk menentukan tingkat kemudahan penggunaan (*usability*) produk. Data yang diperoleh dari angket kepraktisan dianalisis menggunakan persentase deskriptif, yang dihitung menggunakan rumus (2).

$$P = \frac{f}{N} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan: P = Persentase kepraktisan, f = Skor total yang diperoleh dari kuesioner kepraktisan, N = Skor maksimum yang mungkin diperoleh pada kuesioner kepraktisan

Selanjutnya, nilai persentase diidentifikasi ke dalam beberapa kategori yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria Hasil Respon Mahasiswa (Riduwan, 2011)

Persentase Nilai	Kategori
81-100%	Sangat Praktis
61-80%	Praktis
41-60%	Cukup Praktis
21-40%	Kurang Praktis
0-20%	Tidak Praktis

Tahap penyebaran (*disseminate*)

Pada penelitian ini, tahap penyebaran (*disseminate*) dilakukan melalui penyebaran terbatas. LKM yang telah dinyatakan layak didistribusikan kepada dosen pengampu mata kuliah Fisika Dasar dan mahasiswa di Program Studi Pendidikan Fisika di Universitas Jember sebagai pengguna langsung untuk mendapatkan umpan balik implementasi produk. Penyebaran dilakukan secara terbatas karena penelitian ini masih berada pada tahap uji coba awal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelayakan Produk

Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) ini dirancang untuk merepresentasikan alur berpikir ilmiah dalam pembelajaran berbasis inkuiri. Fase pertama adalah identifikasi objek dan sistem yang bekerja, yang merepresentasikan tahap analisis berupa pengenalan masalah. Fase kedua adalah pengumpulan data melalui kegiatan eksperimen yang disertai perekaman video, yang termasuk dalam tahap penentuan relevansi melalui kegiatan penyelidikan dan pengumpulan data. Fase ketiga adalah analisis video menggunakan bantuan perangkat lunak *Tracker Video Analysis*, yang merepresentasikan tahap induksi konstruksi relasional melalui kegiatan membandingkan hasil, merangkum, dan menarik kesimpulan (Suchman, 1961). Hasil validasi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Validasi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) oleh Ahli

Aspek	Nilai	Kategori
Didaktik dan isi	94%	Sangat valid
Konstruksi dan bahasa	91%	Sangat valid
Teknis dan Tampilan	100%	Sangat valid
Rata-rata	95%	Sangat valid

Rata-rata hasil validasi lembar kerja mahasiswa (LKM) adalah 95%, artinya Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) tersebut masuk ke dalam kategori sangat valid. Di samping data kuantitatif, diperlukan data dalam bentuk kualitatif berupa saran dari validator mengenai lembar kerja mahasiswa (LKM). Beberapa saran dan revisi dari validator dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Saran dan Revisi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) Berdasarkan Hasil Validasi

INDIKATOR	SEBELUM VALIDASI	SETELAH VALIDASI
Menambahkan gambar ikon untuk langkah-langkah penggunaan <i>software</i>	<p>Buka software Tracker dan ikuti langkah berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Import Video: Masukkan video rekaman Anda 2. Calibration: Pilih Calibration Stick, tarik garis pada penggaris di video, dan masukkan panjang sebenarnya (misal: 0,30 m) 3. Coordinate Axes: <ul style="list-style-type: none"> • Tarik sumbu koordinat ke posisi awal benda. • PENTING! Putar sumbu (rotasi) agar sejajar dengan ketinggian papan. Sumbu positif x mengarah ke arah luncuran benda. • Mengapa sumbu harus diputar? Agar percepatan yang terukur hanya pada komponen x (sa) sedangkan $a_y = 0$ 4. Tracking: Buat Point Mass, lalu lakukan Autotracker pada benda. 5. Analisis Grafik: <ul style="list-style-type: none"> • Lihat grafik Velocity x-component (v_x) vs Time (t). • Klik kanan pada grafik → Analyze → Curve Fits • Pilih Fit Name: Line ($y = Ax + B$) <p>(Tempelkan screenshot tampilan tampilan grafik v_x yang sudah di fitting dan Tracker di sini)</p>	<p>Buka software Tracker seperti pada gambar disamping dan ikuti langkah berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Import Video: Masukkan video rekaman Anda 2. Calibration: Pilih Calibration Stick, tarik garis pada penggaris di video, dan masukkan panjang sebenarnya (misal: 0,30 m).

Mengubah format penulisan bahasa asing menjadi format penulisan *italic* atau miring

Mengubah Capaian Pembelajaran (CPL) dan Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK) menggunakan versi terbaru

Menambahkan petunjuk penggunaan LKM pada fase 2, 3, dan 4

Angket respon mahasiswa terhadap Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) dibagikan secara terbatas kepada mahasiswa pendidikan fisika yang telah menempuh mata kuliah fisika dasar. Sebanyak 9 mahasiswa mengisi formulir yang terdiri dari 15 pernyataan. Pernyataan tersebut berasal dari 3 aspek yang memuat pernyataan positif. Pada Tabel 5, nilai persentase rata-rata tanggapan mahasiswa untuk setiap kategori pernyataan disajikan.

Tabel 5. Hasil Respon Mahasiswa terhadap Kepraktisan LKM Berbasis *Tracker Video Analysis*

Aspek	Nilai	Kategori
Tampilan dan kebahasaan	80%	Praktis
Penyajian dan penggunaan <i>software</i>	80%	Praktis
Kebermanfaatan dalam pembelajaran	86%	Sangat praktis
Rata-rata	82%	Sangat praktis

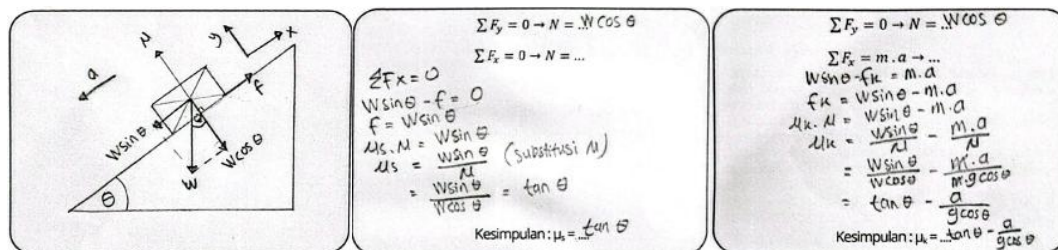
Secara keseluruhan, nilai rata-rata respon mahasiswa adalah 82%, sehingga lembar kerja ini sangat praktis untuk digunakan ke dalam kegiatan pembelajaran. 80% mahasiswa menyatakan bahwa lembar kerja tersebut memiliki desain yang menarik serta bahasa yang mudah dipahami. Lebih lanjut, sebesar 80% mahasiswa juga menyatakan bahwa *software Tracker Video Analysis* mudah digunakan serta penyajian LKM membuat mahasiswa lebih mudah mengerjakan LKM. Terakhir, sebanyak 86% mahasiswa menyatakan bahwa LKM yang dikerjakan

lebih menarik dan memudahkan mahasiswa memahami materi pembelajaran, sehingga dapat disimpulkan bahwa LKM tersebut layak dan praktis digunakan dalam kegiatan pembelajaran. Lembar kerja dengan jenis seperti ini dinilai lebih menarik dan bermakna sebab siswa dibebaskan bereksplorasi dalam memahami materi pembelajaran (Asbanu, 2021).

Tracker Video Analysis sebagai media pembelajaran efektif dalam meningkatkan pemahaman serta keterampilan proses dalam kegiatan pembelajaran IPA (Renika et al., 2024). Bahkan Tracker Video Analysis dapat membantu pembelajaran jarak jauh serta meningkatkan kompetensi ilmiah siswa (Chernetsky et al., 2021). Lebih lanjut, media pembelajaran tersebut dapat meningkatkan tingkat berpikir kritis siswa (Supriyanto & Mustika, 2021). Media pembelajaran berbasis komputer diperlukan sebab adanya tuntutan abad 21, adanya perubahan ini mampu mengatasi keterbatasan ruang dan waktu, pembelajaran lebih fleksibel, memudahkan guru dalam kegiatan mengajar, menyamakan hasil pengamatan, serta memvisualisasikan konsep-konsep yang bersifat abstrak (Mayarisa & Khurtum, 2023).

Implementasi Lembar Kerja Mahasiswa (LKM)

Percobaan skala kecil dibagikan kepada 9 mahasiswa pendidikan fisika Universitas Jember, kemudian mahasiswa dibagi ke dalam 4 kelompok, sehingga masing-masing kelompok beranggotakan 2 mahasiswa dan sisanya beranggotakan 3 mahasiswa. Pada tahap pendekatan masalah dan pembuatan hipotesis, mahasiswa diminta untuk membuat gambar gaya yang bekerja pada benda serta menurunkan rumus untuk mencari koefisien gesek statis (μ_s) dan kinetis (μ_k). Dari keempat kelompok tersebut, hanya ada 1 kelompok yang mampu menyelesaikan penurunan rumus tanpa mengalami kesulitan, kelompok tersebut ialah kelompok yang beranggotakan 3 mahasiswa. Sedangkan kelompok lain mengalami kesulitan bahkan tidak bisa menurunkan rumus sama sekali. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan awal mahasiswa dalam memahami konsep dasar masih bervariasi, sehingga LKM berperan sebagai *scaffolding* dalam membantu proses konstruksi pengetahuan. Namun, mereka telah mencapai langkah awal yang baik setelah menurunkan rumus untuk mengetahui persamaan koefisien gesek statis (μ_s) dan kinetis (μ_k). Gambar 2 merupakan hasil pengerjaan mahasiswa pada fase pertama.



Gambar 2. Hasil Pengerjaan Mahasiswa pada Fase Identifikasi Masalah

Mencari besarnya sudut kritis, menemukan besarnya koefisien gesek statis benda, serta mengambil video dan menganalisis video ke dalam Tracker Video Analysis merupakan bagian dari tahap pengumpulan informasi dan kegiatan penyelidikan dalam model pembelajaran inkuiri. Selama tahap ini, mahasiswa dibebaskan untuk mengeksplorasi dan bertanya ketika terdapat hal-hal yang tidak dimengerti baik dalam hal materi atau cara pengoperasian Tracker Video Analysis. Gambar 3 merupakan contoh hasil pekerjaan mahasiswa.

Percobaan ke-	Sudut Kritis (θ_s)	Nilai $\tan(\theta_s)$
1	28°	0,532
2	28°	0,532
3	26°	0,487
Rata-rata	...	$\mu_s = \dots 0,516$

Data Awal:

- Sudut Kemiringan Bidang (θ): $27,3^\circ$ derajat.
- Percepatan Gravitasi (g): $9,8 \text{ m/s}^2$

a) Perhitungan Koefisien Gesek Kinetis (μ_k)

Hitunglah nilai μ_k menggunakan rumus yang telah Anda turunkan di Fase 1 (Pre-Lab), dengan memasukkan data sudut (θ) dan percepatan (a) dari Tracker.

Diketahui: $\theta = 27,3^\circ$; $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; $a = 2,8$

Perhitungan:

$$\mu_k = \tan \theta - \frac{a}{g \cos \theta}$$

$$= \tan(27,3^\circ) - \frac{2,8}{9,8 \cos(27,3^\circ)}$$

$$= 0,516 - \frac{2,8}{9,8(0,89)}$$

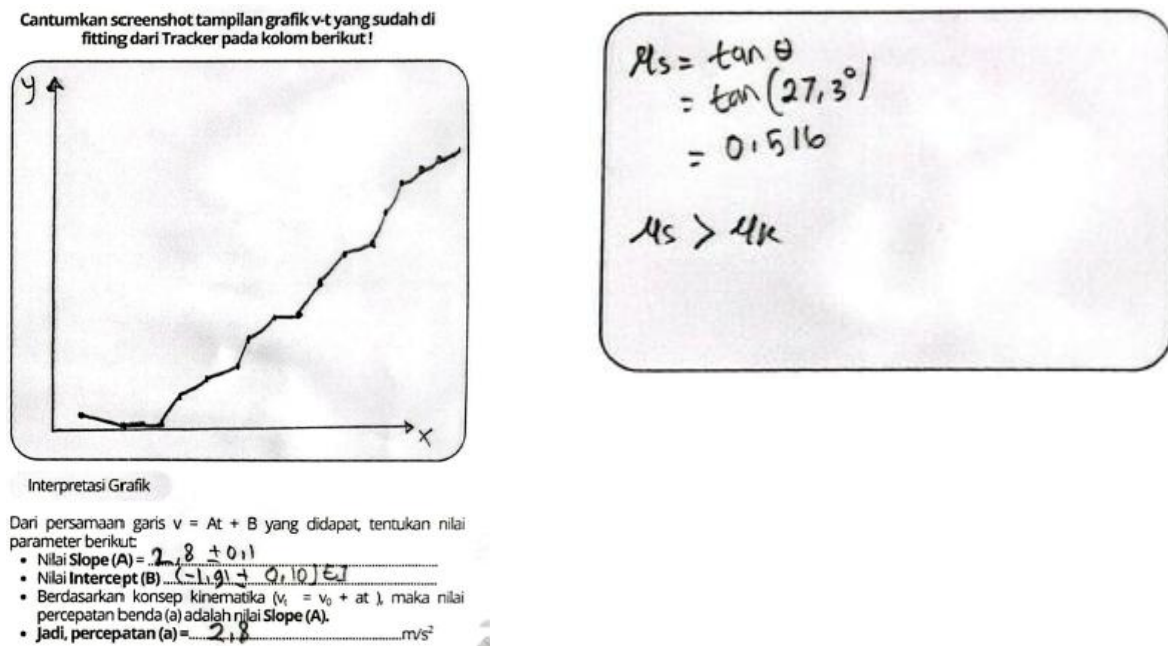
$$= 0,516 - 0,321 = 0,195$$

b) Perhitungan Koefisien Gesek Kinetis (μ_k)

Bandingkan nilai μ_s (dari Prosedur 1) dan μ_k (dari Prosedur 2).

- Nilai $\mu_s = 0,516$
- Nilai $\mu_k = 0,195$

Apakah $\mu_s > \mu_k$? Apakah hasil ini sesuai dengan teori? Jelaskan analisis Anda mengapa benda membutuhkan gaya lebih besar untuk mulai bergerak dibandingkan untuk mempertahankan geraknya!



Gambar 3. Hasil Analisis Data Mahasiswa Menggunakan Tracker Video Analysis

Secara garis besar seluruh kelompok telah mengisi LKM dengan baik dan benar, mereka mampu menempatkan nilai terendah hingga tertinggi pada sumbu x (waktu) dan sumbu y (kecepatan). Hal ini dapat terjadi karena instruksi pada LKM yang mudah dipahami, pernyataan tersebut didukung oleh hasil validasi oleh validator yang memberikan nilai dalam kategori sangat valid dalam aspek konstruksi dan kebahasaan. Hasil refleksi dan kesimpulan mahasiswa dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Refleksi dan Kesimpulan Mahasiswa setelah Kegiatan Praktikum

Dalam hasil refleksi dan kesimpulan, mahasiswa menyatakan bahwa tracker video analisis memudahkan mereka untuk menghitung waktu, kecepatan, dan percepatan gerak benda. Sehingga nilai koefisien gesek kinetis yang didapat lebih akurat. Hal ini didukung oleh penelitian Romadhon et al. (2021) yang menyatakan bahwa Tracker Video Analysis dapat memberikan hasil yang lebih tepat. Selain itu, berdasarkan persepsi mahasiswa, menunjukkan bahwa sebagian besar faktor error yang terjadi tidak berdampak signifikan terhadap akurasi data. Beberapa tanggapan mahasiswa mengenai LKM adalah sebagai berikut.

M1 "LKM sudah sangat seru,"

M2 "LKM sudah baik dan bagus"

M3 "Bagian penurunan rumus cukup sulit, namun masih dapat dipelajari"

Para mahasiswa memberikan respon yang beragam dari respon negatif hingga respon positif, tetapi secara keseluruhan respon terhadap LKM sangat positif, hal ini menunjukkan bahwa LKM tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga memberikan tantangan kognitif yang sesuai dengan tingkat kemampuan mahasiswa. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fajria & Fibriana (2024) yang menyatakan bahwa LKM yang

menarik dan menyenangkan mampu meningkatkan aktivitas, keterlibatan, hasil belajar, serta cara berpikir kritis peserta didik. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jumlah subjek uji coba yang relatif kecil, sehingga hasil yang diperoleh belum dapat digeneralisasikan secara luas.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, Lembar Kerja Mahasiswa (LKM) berbasis *Tracker Video Analysis* pada materi koefisien gesek dinyatakan sangat valid dengan nilai rata-rata 95% dan sangat praktis dengan nilai kepraktisan sebesar 82%. LKM yang dikembangkan mampu memfasilitasi mahasiswa dalam melakukan kegiatan praktikum secara lebih terstruktur serta membantu visualisasi konsep melalui analisis video. Dengan demikian, LKM ini layak digunakan sebagai salah satu alternatif media pembelajaran dalam perkuliahan fisika dasar. Namun, penelitian ini masih terbatas pada uji coba skala kecil, sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk menguji efektivitasnya terhadap peningkatan hasil belajar mahasiswa secara lebih luas.

ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen validator atas masukan dalam pengembangan Lembar Kerja Mahasiswa (LKM), kepada mahasiswa yang berkontribusi dalam penyusunan layout dan pengolahan data validasi, serta kepada mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Aguilar-Marín, P., Chavez-Bacilio, M., & Jáuregui-Rosas, S. (2018). Using analog instruments in Tracker video-based experiments to understand the phenomena of electricity and magnetism in physics education. *European Journal of Physics*, 39(3), 035204. <https://doi.org/035204.10.1088/1361-6404/aaa8f8>
- Amaliah, N. U., Darmadi, I. W., & Saehana, S. (2020). Analysis of students' understanding of motion concept with video based learning assisted by tracker software. *Berk. Ilm. Pendidik. Fis*, 8(2), 126. <https://doi.org/10.20527/bipf.v8i2.8369>
- Asbanu, D. E. (2021). Application of scientific guided inquiry assisted video analysis tracker to improve science generic skills. *International Journal of Current Science Research and Review*, 4(12), 1693–1696. <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/V4-i12-12>
- Chandra, A. N. (2024). Development of Simple Pyphox-based Regular Straight Motion Practicum Tools. *Impulse: Journal of Research and Innovation in Physics Education*, 4(2), 107–117. <https://doi.org/10.14421/impulse.2024.42-04>
- Chernetskyi, I., Slipukhina, I., Kurylenko, N., Mienaiilov, S., & Opachko, M. (2021). The Application of Tracker Video Analysis for Distance Learning of Physics. *ICTERI*, 182–192. <http://star.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-3013/20210182.pdf>
- Coramik, M., & İnanç, B. (2023). A physical pendulum experiment with Lego, Phyphox and Tracker. *Physics Education*, 58(5), 055014. <https://doi.org/055014.10.1088/1361-6552/ace57d>
- Faj'ria, N., & Fibriana, F. (2024). From fun to insight: Problem-based learning with wordwall e-worksheets to enhance critical thinking and learning engagement in ecosystem topics. *International Journal of Learning and Teaching*, 17(3), 93–110. <https://doi.org/10.18844/ijlt.v17i3.9813>
- Farhan, A., Wahyuni, A., Herliana, F., & Akhyar, A. (2021). Transition of learning physics technology using virtual practicum to high school physics teachers in aceh barat district. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019(1), 012056. <https://doi.org/012056.10.1088/1742-6596/2019/1/012056>
- Fitriya, S., & Maiyanti, A. A. (2023). Virtual laboratory: Development of physics practicum instruction to improve student skills. *Islamic Journal of Integrated Science Education (IJISE)*, 2(3), 161–169. <https://doi.org/10.30762/ijise.v2i3.1891>

- Gazali, E., & Saefuloh, H. (2019). Kebutuhan Peserta Didik Dan Rancang Bangun Media Pembelajaran Bahasa Arab Di Madrasah Aliyah. *Arabi: Journal of Arabic Studies*, 4(1), 87–99. <https://doi.org/10.24865/ajas.v4i1.117>
- Indaryanti, R. B., Harsono, H., Utama, S., Murtiyasa, B., & Soemardjoko, B. (2025). 4D research and development model: Trends, challenges, and opportunities review. *Jurnal Kajian Ilmiah*, 25(1), 91–98. <https://doi.org/91-98.10.31599/na7deq07>
- Kartika, A. C., Sutarno, S., & Purwanto, A. (2022). Pengembangan E-Modul Berorientasi Model Curious Note Program Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa Sma Pada Materi Gelombang. *DIKSAINS: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains*, 2(2), 62–73. <https://doi.org/62-73.10.33369/diksains.2.2.62-73>
- Karuru, P., Silka, S., Gela, B., Pakiding, A., & Lolang, E. (2023). Students' Response to The Use of Tracker Software in Physics Laboratory. *Devotion: Journal of Research and Community Service*, 4(11), 2178–2184. <https://doi.org/10.59188/devotion.v4i11.598>
- Mayarisa, D., & Khurtum, B. (2023). UTILIZATION OF COMPUTER BASED PAI LEARNING MEDIA, MICROSOFT POWER POINT AND INTERNET MEDIA. *INCARE, International Journal of Educational Resources*, 4(2), 175–182. <https://doi.org/10.59689/incare.v4i2.719>
- Muqdamien, B., Umayah, U., Juhri, J., & Raraswaty, D. P. (2021). Tahap Definisi Dalam Four-D Model Pada Penelitian Research & Development (R&D) Alat Peraga Edukasi Ular Tangga Untuk Meningkatkan Pengetahuan Sains Dan Matematika Anak Usia 5-6 Tahun. *Intersections: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 6(1), 23–33. <https://doi.org/10.47200/intersections.v6i1.589>
- Ocholla, A. A., Aurah, C. M., & Odhiambo, R. O. (2025). Lab Modality and Measurement Accuracy: A review of Electronics Practical Workbench versus other Approaches. *Jumuga Journal of Education, Oral Studies, and Human Sciences*, 8(1), 1–12. <https://doi.org/10.35544/jjeoshs.v8i117>
- Rahman, L., Aripin, A., & Makiyah, Y. S. (2024). Development of Student Worksheets Based on Guided Discovery Learning Assisted by Tracker Video Analysis on Mechanical Energy Conservation Material. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 8(2), 182–193. <https://doi.org/10.20527/jipf.v8i2.9106>
- Renika, J., Prima, E. C., & Amprasto, A. (2024). Kinematics analysis on accelerated motion using tracker video analysis for educational purposes. *Momentum: Physics Education Journal*, 8(1), 23–31. <https://doi.org/10.21067/mpej.v8i1.8883>
- Riduwan. (2011). *Belajar Mudah Penelitian Guru, Karyawan dan Penelitian Pemula*. CV Alfabeta.
- Romadhon, D. R., Rahiem, M. D. H., Faeruz, R., Dewi, R. S., Lubis, A. B., & Kartanegara, M. (2021). The utilization of Tracker video analysis app to measure Centripetal Force for Physics Teaching. *2021 9th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/CITSM52892.2021.9588883>
- Sa'dun Akbar, M. P. (2017). Instrumen perangkat pembelajaran. *PT Remaja Rosdakarya*.
- Sha, R. (2025). Measurement of Energy Loss and Coefficient of Restitution in Inelastic Collisions Using Tracker and Phyphox. *Science, Engineering and Technology Proceedings*, 1, 60–71. <https://doi.org/10.71222/hks99z54>
- Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. *Physics Education*, 53(4), 045009. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aac05e>
- Suchman, J. R. (1961). Inquiry training: Building skills for autonomous discovery. *Merrill-Palmer Quarterly of Behavior and Development*, 7(3), 147–169. <https://www.jstor.org/stable/23082723>
- Supriyanto, E., & Mustika. (2021). The improvement of critical thinking skills through problem based learning models assisted by trackers video on parabolic movements. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019(1), 012029. <https://doi.org/012029.10.1088/1742-6596/2019/1/012029>
- Wiwin, E., & Kustijono, R. (2018). The use of physics practicum to train science process skills and its effect on scientific attitude of vocational high school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 997(1), 012040. <https://doi.org/012040.10.1088/1742-6596/997/1/012040>

- Wulandari, S., Surahman, E., & Sulistyaningsih, D. (2022). Pengembangan lembar kerja peserta didik (LKPD) berbasis discovery learning berbantuan software Modellus pada pokok bahasan gerak parabola. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 8(2), 317-327. <https://doi.org/317-327.10.31764/orbita.v8i2.11432>
- Yusiani, D. S., Putri, M. V., & Dio, R. (2025). The The Effectiveness of Physics Practicum Simulations for First-Year University Students. *Jurnal Teknik Ibnu Sina (JT-IBSI)*, 10(1), 21-27. <https://doi.org/21-27.10.36352/jt-ibsi.v10i1.1181>