Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika (JPIF)
Fakultas Pendidikan Islam dan Keguruan
Universitas Garut
p-ISSN: 2798-9488 e-ISSN: 2798-334X

Analysis of Conceptual Understanding and Needs for Differentiation with Multi-Representation Learning Strategy: An Empirical Study of 1D Particle Dynamics

Muhammad Reyza Arief Taqwa[1], Parlindungan Sinaga[2], Rahmania Amanah Putri[3], Amira Setiyani[4], Shinta Nuriyah Mahbubiyah Royani[5], Siti Jamiatul Husnaini[6]

[1, 2]Program Studi Pendidikan IPA, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia
Jalan Dr. Setiabudhi No. 229, Bandung.

[1, 4, 5]Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Malang, Indonesia
Jl. Semarang No. 5, Malang.

[3]Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia
Jl. Colombo No.1, Yogyakarta.

[6]Graduate Institute of Digital Learning and Education, National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan (R.O.C.)
No. 43, Sec. 4, Keelung Rd., Da'an Dist., Taipei City 106335

Corresponding author: e-mail: reyza.arief.fmipa@um.ac.id

DOI:
https://doi.org/10.52434/jpif.v6i1.43898

Accepted: June 18, 2026, Approved: June 19, 2026, Published: June 22, 2026

ABSTRACT

Weak conceptual understanding of particle dynamics and the lack of accommodation for students' diverse learning styles are fundamental problems in Classical Mechanics lectures. This mixed-methods study with an explanatory sequential design aimed to analyze the level of conceptual understanding, learning style profiles, and the need for a differentiated instruction strategy based on multi-representation on the topic of 1-Dimensional Particle Dynamics. The subjects were 217 students from two study programs in East Java, from whom 20 students were purposively selected for open-ended questionnaires and interviews. The results showed a low average conceptual understanding score (42.52) with large variation (SD = 19.70), and persistent conceptual difficulties were identified through interviews, particularly in understanding forces, free-body diagrams, and kinematic graphs. The learning style profile revealed a balance between unimodal (50.24%, dominated by visual at 21.20%) and multimodal (49.76%). Students reported the greatest difficulties in understanding forces and free-body diagrams (90%) and graph interpretation (85%). The most preferred representational formats were animation/simulation (40%) and live demonstration (30%). Eighty percent of students expected multi-format learning materials, and students with low scores specifically requested individual feedback. These findings collectively indicate that a differentiated instruction strategy integrating multi-representation is

needed, with variation in representational formats, active participation opportunities, and connections to students' concrete everyday experiences as its key design principles.

Keywords: *conceptual understanding; differentiated instruction strategy; multi-representation; particle dynamics*.

Analisis Pemahaman Konsep dan Kebutuhan Strategi Pembelajaran Berdiferensiasi dengan Multi-Representasi: Studi Empiris Dinamika Partikel 1 Dimensi

ABSTRAK

Pemahaman konsep dinamika partikel yang lemah dan ketidakterakomodasian keragaman gaya belajar mahasiswa menjadi masalah fundamental dalam perkuliahan Mekanika Klasik. Penelitian *mixed methods* dengan desain *explanatory sequential* ini bertujuan menganalisis tingkat pemahaman konsep, profil gaya belajar, serta kebutuhan strategi pembelajaran berdiferensiasi berbasis multi-representasi pada topik Dinamika Partikel 1 Dimensi. Subjek penelitian adalah 217 mahasiswa dari dua program studi di Jawa Timur, dan kemudian dipilih 20 mahasiswa secara purposif untuk angket terbuka dan wawancara. Hasil menunjukkan rata-rata skor pemahaman konsep rendah (42,52) dengan variasi besar, serta kesulitan konseptual yang persisten teridentifikasi, terutama pada pemahaman gaya, diagram benda bebas, dan grafik kinematika. Profil gaya belajar menunjukkan keseimbangan antara unimodal (50,24%, didominasi visual 21,20%) dan multimodal (49,76%). Dari aspek kesulitan yang dialami mahasiswa, paling banyak pada pemahaman gaya dan *free-body diagrams* (90%) serta interpretasi grafik (85%). Berdasarkan preferensi representasi, yang tertinggi adalah animasi/simulasi (40%) dan demonstrasi (30%). Mahasiswa mengharapkan materi multi-format (80%), kelompok belajar fleksibel, dan umpan balik individual. Penelitian ini menyimpulkan bahwa diperlukan strategi pembelajaran berdiferensiasi dengan pendekatan multi-representasi yang terstruktur, mencakup variasi representasi, partisipasi aktif, serta keterhubungan dengan pengalaman konkret mahasiswa.

Kata kunci: pemahaman konsep; strategi pembelajaran berdiferensiasi; multi-representasi; dinamika partikel

PENDAHULUAN

Pemahaman konsep fundamental fisika yang kuat, khususnya pada topik Dinamika Partikel 1 Dimensi, yang membahas gaya dan gerak, merupakan fondasi esensial bagi penguasaan materi fisika lanjutan (Asnaini, 2024). Konsep gaya dan gerak menjadi dasar untuk membangun pemahaman pada materi lain, seperti mekanika fluida, elektromagnetik, bahkan dalam beberapa konsep kuantum. Kontras dengan hal tersebut, fakta di lapangan justru menunjukkan bahwa banyak mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep dasar, bahkan pasca menjalankan perkuliahan (Chrysostomou dkk., 2025; Eaton dkk., 2019). Hal ini tidak terlepas dari kenyataan bahwa pembelajaran di kelas masih didominasi oleh pendekatan yang bersifat homogen, seperti ceramah satu arah dan pemberian soal-soal rutin (*routine problems*) (Hasryani dkk., 2025; Pratama, 2025). Akibatnya, keragaman kebutuhan mahasiswa (baik yang memerlukan penjelasan lebih lambat, representasi berbeda, maupun tantangan tambahan), jarang terfasilitasi secara sistematis. Beberapa mahasiswa mungkin lebih nyaman belajar dari penjelasan pengajar melalui metode ceramah, namun tidak menutup kemungkinan, terdapat mahasiswa yang lebih

senang belajar melalui praktik secara langsung, demonstrasi, harus didukung oleh visual yang menarik, atau dengan membuat catatan belajar yang terstruktur dan menarik.

Keragaman karakteristik mahasiswa menuntut perlunya strategi pembelajaran yang mampu mengakomodasi keragaman kemampuan, gaya belajar, dan latar belakang pemahaman mahasiswa, yakni pembelajaran berdiferensiasi. Dari beberapa karakteristik tersebut, gaya belajar menjadi hal yang paling banyak dipertimbangkan dalam merancang pembelajaran yang memfasilitasi kebutuhan mahasiswa. Salah satu pendekatan yang potensial untuk diintegrasikan adalah pembelajaran dengan multi-representasi, yang melibatkan representasi verbal, matematis, grafik, diagram, dan praktikum secara simultan (Chori'ah dkk., 2023; Rahim dkk., 2024; Safitri dkk., 2020). Dalam pembelajaran berdiferensiasi, pengajar dapat mengakomodasi beragam gaya belajar siswa dengan menyajikan konsep melalui multi-representasi, seperti diagram visual untuk pelajar visual, diskusi lisan untuk pelajar auditori, penyusunan bahan ajar untuk pelajar *reading/writing*, dan simulasi interaktif untuk pelajar kinestetik. Kombinasi antara pembelajaran berdiferensiasi dengan pendekatan multi-representasi diharapkan dapat membantu mahasiswa membangun pemahaman konsep yang lebih utuh, personal, serta lebih tahan terhadap kesulitan konseptual yang persisten.

Pemilihan topik Dinamika Partikel 1 Dimensi sebagai konteks integrasi kedua pendekatan tersebut bukan tanpa alasan pedagogis yang kuat. Secara konseptual, topik ini memiliki tingkat abstraksi yang tinggi karena menuntut mahasiswa untuk memahami dan memanipulasi representasi yang beragam secara simultan, mulai dari diagram benda bebas (*free-body diagram*), grafik kinematika, persamaan matematis, hingga deskripsi verbal dari suatu fenomena gerak (Adha & Taqwa, 2024; Romansyah & Taqwa, 2023). *Free-body diagram*, misalnya, mengharuskan mahasiswa tidak sekadar mengingat aturan melukis gaya, tetapi juga mengonstruksi representasi spasial yang akurat dari interaksi benda dengan lingkungannya—sebuah keterampilan yang sangat bergantung pada modalitas belajar yang dimiliki mahasiswa. Mahasiswa dengan dominasi gaya belajar visual mungkin lebih mudah membayangkan arah gaya secara intuitif, namun dapat kesulitan ketika representasi tersebut harus ditransformasikan ke dalam bentuk persamaan matematis. Sebaliknya, mahasiswa dengan gaya belajar *read/write* cenderung terbantu oleh deskripsi verbal, namun kerap mengalami hambatan ketika diminta menginterpretasikan grafik posisi-waktu atau kecepatan-waktu secara langsung. Kondisi semacam ini mengindikasikan bahwa kesulitan pada topik ini tidak bersifat homogen, melainkan bervariasi sesuai dengan karakteristik kognitif dan preferensi modalitas masing-masing mahasiswa.

Selain tingginya abstraksi representasional, Dinamika Partikel 1 Dimensi juga merupakan topik yang secara struktural bersifat fondasional dalam kurikulum fisika. Miskonsepsi yang terbentuk pada topik ini, seperti kekeliruan dalam memahami hubungan antara gaya dan gerak, atau kesalahan dalam menafsirkan tanda positif-negatif pada grafik percepatan cenderung bersifat resisten dan berpotensi menghambat penguasaan materi lanjutan seperti dinamika rotasi, mekanika fluida, dan getaran harmonik (Chrysostomou dkk., 2025; Eaton dkk., 2019). Karakteristik inilah yang menjadikan topik ini sangat krusial sekaligus sangat cocok untuk diintervensi dengan pendekatan multi-representasi yang terdiferensiasi: keberagaman representasi diperlukan karena kompleksitas konsep yang harus dikuasai, sementara diferensiasi diperlukan karena keragaman profil belajar mahasiswa yang tidak dapat diabaikan. Dengan

demikian, topik Dinamika Partikel 1 Dimensi menawarkan konteks yang ideal sekaligus mendesak untuk menguji apakah integrasi kedua pendekatan tersebut mampu menghasilkan strategi pembelajaran yang lebih responsif terhadap kebutuhan mahasiswa yang beragam.

Meskipun telah banyak penelitian yang mengkaji pembelajaran berdiferensiasi dan multi-representasi secara terpisah dalam konteks fisika (misalnya, Aminuddin dkk., 2024; Hafid dkk., 2025; Salar & Turgut, 2021; Santoso dkk., 2022), studi empiris yang menggabungkan kedua pendekatan tersebut secara sistematis masih sangat terbatas dan belum ditemukan studi yang menguji pendekatan tersebut pada topik dinamika partikel 1 dimensi. Kebanyakan penelitian cenderung langsung menguji efektivitas suatu strategi intervensi tanpa melakukan analisis kebutuhan awal yang mendalam terhadap karakteristik dan kesulitan konseptual peserta didik. Padahal, analisis kebutuhan awal yang mendalam sangat penting sebelum merancang strategi intervensi (Cevikbas dkk., 2024; Nelson dkk., 2025), termasuk dalam rancangan pembelajaran yang mengintegrasikan pendekatan pembelajaran berdiferensiasi dan multi-representasi pada topik dinamika partikel 1 dimensi. Oleh karena itu, penelitian ini akan menjadi studi awal untuk memotret permasalahan di lapangan terkait pemahaman mahasiswa sekaligus menganalisis kebutuhan mereka terhadap pendekatan yang mengakomodasi keberagaman gaya belajar dan multi-representasi tersebut.

Berdasarkan celah tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis tingkat pemahaman konsep mahasiswa pada topik dinamika partikel 1 dimensi setelah menempuh mata kuliah Mekanika Klasik, (2) menganalisis kecenderungan gaya belajar mahasiswa, dan (3) mengidentifikasi kebutuhan spesifik akan strategi pembelajaran berdiferensiasi dengan pendekatan multi-representasi berdasarkan temuan empiris mengenai kesulitan konseptual yang teridentifikasi. Signifikansi penelitian ini terletak pada kontribusinya sebagai dasar desain strategi pembelajaran yang lebih tepat sasaran, membantu pengajar fisika dalam merancang pembelajaran yang adaptif, serta memperkaya literatur akademik tentang integrasi antara diferensiasi dan multi-representasi dalam konteks mekanika klasik. Hasil identifikasi pemahaman konsep ini akan menjadi dasar penting untuk pertimbangan dalam memilih strategi pembelajaran yang akan diterapkan.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan campuran (*mixed methods*) dengan desain *explanatory sequential* yang ditekankan pada studi pendahuluan (*preliminary study*) yang bersifat deskriptif-eksploratif. Tahap pertama bersifat kuantitatif untuk mengukur tingkat pemahaman konsep dan profil gaya belajar mahasiswa, dilanjutkan dengan tahap kualitatif untuk menggali kebutuhan spesifik terhadap strategi pembelajaran berdiferensiasi dengan pendekatan multi-representasi. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti memperoleh gambaran komprehensif mengenai permasalahan pemahaman konsep sekaligus analisis kebutuhan yang mendalam sebagai dasar perancangan intervensi.

Subjek Penelitian

Penelitian ini melibatkan 217 mahasiswa yang telah menempuh mata kuliah Mekanika Klasik, khususnya pada topik Dinamika Partikel 1 Dimensi, dari salah satu universitas di Jawa Timur. Subjek terdiri atas 126 mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika dan 91 mahasiswa Program Studi Fisika. Seluruh 217 mahasiswa tersebut menjadi subjek untuk analisis pemahaman konsep menggunakan tes pemahaman konsep Dinamika Partikel 1 Dimensi serta untuk pemetaan profil gaya belajar melalui angket berbasis model VARK yang mengidentifikasi kecenderungan gaya belajar Visual, Auditori, Reading/Writing, dan Kinestetik.

Dari 217 mahasiswa tersebut, selanjutnya dipilih 20 mahasiswa secara purposif untuk mengikuti pengisian angket terbuka dan wawancara mendalam guna menggali kebutuhan belajar terhadap strategi pembelajaran berdiferensiasi dengan pendekatan multi-representasi. Sebanyak 8 mahasiswa di antaranya memiliki kecenderungan gaya belajar tunggal, yang masing-masing terdiri atas dua mahasiswa dengan gaya belajar visual, dua mahasiswa dengan gaya belajar auditori, dua mahasiswa dengan gaya belajar *Reading/Writing*, dan dua mahasiswa dengan gaya belajar kinestetik. Selain itu, 12 mahasiswa lainnya dipilih karena memiliki kecenderungan gaya belajar dua jenis atau lebih, misalnya kombinasi Visual-Auditori, Visual-Kinestetik, Auditori-*Reading/Writing*, atau variasi lainnya. Pemilihan 20 mahasiswa ini didasarkan pada hasil profil gaya belajar dari 217 mahasiswa serta mempertimbangkan keragaman program studi dan tingkat pemahaman konsep yang bervariasi, sehingga data kualitatif yang diperoleh dapat merepresentasikan secara kaya keragaman karakteristik mahasiswa di lokasi penelitian.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari instrumen tes pemahaman konsep, angket gaya belajar, dan angket terbuka untuk menggali kebutuhan belajar terhadap strategi pembelajaran berdiferensiasi dengan pendekatan multi-representasi. Instrumen tes pemahaman konsep terdiri dari 15 soal pilihan ganda yang dirancang berdasarkan hasil sintesis dari empat kerangka konseptual, yakni: (i) proses kognitif dalam ranah pemahaman menurut Anderson & Krathwohl (2001), (ii) indikator pemahaman konsep oleh Herayanti dkk. (2022), (iii) pemahaman mendalam melalui integrasi multiple external representations (MERs) oleh Ainsworth (2006), dan (iv) kemampuan menerjemahkan antarrepresentasi untuk membangun abstraksi oleh van der Meij & de Jong (2006). Berdasarkan sintesis keempat kerangka tersebut, dipilih lima aspek berpikir yang paling relevan dengan konteks pemahaman konsep fisika berbasis representasi, yakni menyontohkan (*exemplifying*), mengklasifikasi (*classifying*), membandingkan (*comparing*), menjelaskan (*explaining*), dan merepresentasikan ulang (*re-representing*). Aspek-aspek seperti inferring atau summarizing tidak dimasukkan karena tidak secara langsung mencerminkan kemampuan mahasiswa dalam mengoperasikan dan menerjemahkan representasi fisika yang menjadi fokus utama studi ini. Setiap aspek diwakili oleh 3 item soal. Soal tersebut telah dinilai layak oleh lima ahli dan layak digunakan dalam penelitian karena telah memenuhi kriteria validitas dan reliabilitas berdasarkan hasil pilot studi. Instrumen kedua merupakan angket gaya belajar yang terdiri dari 16 pernyataan. Setiap pernyataan terdiri atas 4 pilihan yang mewakili tiap gaya belajar, yakni *visual, auditory*, *read/write*, dan *kinesthetic* (Fleming & Mills, 1992). Angket gaya belajar dalam penelitian ini menggunakan pendekatan pilihan tunggal paksa (*forced-choice*) agar lebih efektif dan efisien dalam analisis (Mozaffari dkk., 2020; Sundararajan dkk., 2024). Instrumen yang dikembangkan diadaptasi dari Kiser (2015), seperti yang ada pada Apendiks A. Pemilihan VARK dalam penelitian ini didasarkan pada kesesuaiannya dengan tujuan

spesifik studi, yakni pemetaan awal profil modalitas belajar mahasiswa sebagai dasar perancangan strategi diferensiasi, bukan sebagai prediktor hasil belajar. Dalam konteks ini, VARK berfungsi sebagai instrumen eksplorasi-deskriptif, bukan instrumen kausatif. Sejumlah kajian menunjukkan bahwa meskipun VARK tidak terbukti secara konsisten meningkatkan hasil belajar ketika digunakan sebagai basis penyesuaian instruksi tunggal (Pashler dkk., 2008), instrumen ini tetap memiliki validitas sebagai alat klasifikasi preferensi modalitas perseptual yang memungkinkan pengajar memahami keragaman orientasi belajar mahasiswa secara cepat dan terstruktur (El-Saftawy dkk., 2024; Fleming & Mills, 1992). Lebih lanjut, dalam desain penelitian ini, temuan dari VARK tidak digunakan secara mandiri, melainkan diintegrasikan dengan data kualitatif dari wawancara dan angket terbuka, sehingga kelemahan VARK sebagai instrumen tunggal dapat dikompensasi melalui triangulasi data. Dengan demikian, penggunaan VARK dalam studi ini adalah valid untuk tujuan pemetaan awal kebutuhan mahasiswa, dengan pemahaman penuh atas batas-batas kegunaannya. Instrumen terakhir merupakan angket terbuka yang terdiri dari 11 pertanyaan, terbagi ke dalam empat bagian yakni pengalaman kesulitan belajar, preferensi terhadap representasi dan gaya belajar, harapan terhadap pembelajaran berdiferensiasi, dan masukan terbuka. Angket ini seperti yang ditunjukkan pada Apendiks B. Dalam penelitian ini, wawancara dilakukan secara semi-terstruktur untuk menggali dua hal, yakni (1) apakah Anda sudah merasa bahwa kebutuhan belajar ketika perkuliahan sudah terpenuhi melalui sistem perkuliahan yang dirancang dosen? dan (2) Apa saja kendala yang Anda alami dalam perkuliahan?

Analisis Data

Analisis data dilakukan secara terpisah untuk data kuantitatif dan kualitatif, kemudian diintegrasikan. Untuk data kuantitatif, analisis tingkat pemahaman konsep dilakukan dengan menentukan statistik deskriptif skor jawaban mahasiswa. Skor pemahaman konsep berupa skala dikotomi, yakni 0 untuk jawaban salah dan 1 untuk jawaban benar. Analisis data angket gaya belajar dilakukan dengan menentukan bobot terbesar dari gaya belajar yang paling banyak dipilih oleh mahasiswa. Kecenderungan gaya belajar dari seluruh subjek penelitian dideskripsikan dalam presentase. Berdasarkan jumlah total jawaban yang diberikan responden, preferensi sangat kuat terhadap suatu gaya belajar ditunjukkan dengan selisih skor minimal 4 poin, preferensi kuat dengan selisih 3 poin, dan preferensi lemah dengan selisih 2 poin (Jaffe, 2000). Kami menggunakan Tabel 1 untuk interpretasi skor gaya belajar. Dalam menentukan gaya belajar tersebut, mahasiswa digolongkan menjadi empat kelompok, yakni unimodal untuk mahasiswa dengan kecenderungan satu gaya belajar, bimodal untuk mahasiswa dengan kecenderungan dua gaya belajar, trimodal untuk mahasiswa dengan kecenderungan tiga gaya belajar, dan kuadrimodal untuk mahasiswa dengan kecenderungan empat gaya belajar (Balasubramaniam & Indhu, 2016; El-Saftawy dkk., 2024).

Tabel 1. Interpretasi Gaya Belajar Berdasarkan Selisih Skor

Selisih skor (tertinggi dan kedua tertinggi)	Interpretasi (untuk total respons 16)
≥ 4	Preferensi sangat kuat (unimodal tegas)
3	Preferensi Kuat (unimodal jelas)
2	Preferensi ringan (masih unimodal tetapi lemah)

< 2	Tidak ada preferensi tunggal; cenderung Multimodal

Untuk data kualitatif, transkrip wawancara dan dokumen dianalisis menggunakan teknik analisis tematik (*thematic analysis*) model Braun & Clarke (2006) yang melalui tahap-tahap familiarisasi data, koding awal, pencarian tema, peninjauan tema, pendefinisian tema, hingga penulisan laporan. Tema-tema yang dihasilkan berkaitan dengan kesenjangan antara pendekatan pembelajaran yang diterima dengan kebutuhan mahasiswa, preferensi spesifik terhadap multi-representasi (verbal, matematis, grafik, diagram, dan praktikum), serta karakteristik strategi pembelajaran berdiferensiasi yang diharapkan.

Integrasi data campuran dilakukan dengan membandingkan atau melakukan triangulasi antara hasil kuantitatif (pola kesulitan konseptual dominan dan tingkat kebutuhan) dengan temuan kualitatif untuk memperoleh kesimpulan yang komprehensif. Selanjutnya, disusun matriks integrasi yang memetakan setiap jenis kesulitan konseptual dengan preferensi gaya belajar dan kebutuhan representasi tertentu. Matriks ini menjadi landasan untuk merancang strategi pembelajaran berdiferensiasi yang tepat sasaran.

Etika Penelitian

Penelitian ini menjunjung tinggi prinsip-prinsip etika penelitian. Seluruh subjek diberikan *informed consent* secara tertulis sebelum berpartisipasi, dan identitas serta data partisipan dijaga kerahasiaannya. Setiap subjek memiliki hak untuk mengundurkan diri dari penelitian sewaktu-waktu tanpa alasan, dan tidak ada konsekuensi akademik apa pun bagi mereka yang tidak bersedia berpartisipasi atau yang menarik diri. Seluruh data yang terkumpul hanya digunakan untuk kepentingan penelitian dan pengembangan pembelajaran, serta tidak disebarluaskan untuk keperluan lain di luar izin yang telah diberikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

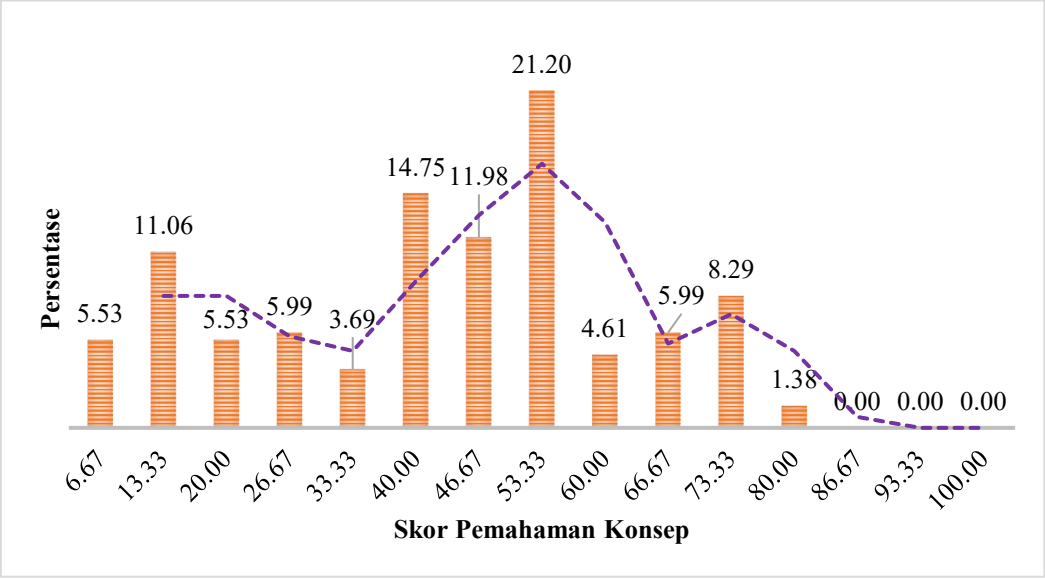
Profil Pemahaman Konsep Dinamika Partikel 1 Dimensi

Berdasarkan data pada Tabel 2, profil pemahaman konsep dinamika partikel 1 dimensi dari 217 subjek menunjukkan bahwa rata-rata skor pemahaman konsep adalah 42,52. Nilai ini tergolong rendah, mengindikasikan bahwa secara umum peserta masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep dasar gerak partikel satu dimensi. Deviasi standar sebesar 19,70 cukup tinggi, menandakan adanya variasi pemahaman yang sangat besar antar individu, dengan rentang skor dari minimum 6,67 hingga maksimum 80,00. Variasi yang besar ini memiliki implikasi pedagogis yang langsung: kelas yang sama menampung mahasiswa dengan tingkat penguasaan konsep yang sangat berbeda, sehingga pendekatan pembelajaran tunggal yang seragam tidak akan mampu menjangkau kebutuhan semua mahasiswa secara efektif. Kelompok mahasiswa dengan skor sangat rendah (di bawah 20,00) memerlukan scaffolding konseptual yang intensif, sementara kelompok dengan skor di atas 60,00 sudah siap untuk tantangan yang lebih kompleks. Kondisi inilah yang secara empiris memperkuat argumen perlunya strategi pembelajaran berdiferensiasi yang mampu menyesuaikan tingkat representasi dan kedalaman materi sesuai dengan profil pemahaman masing-masing mahasiswa.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Skor Pemahaman Konsep Dinamika Partikel 1 Dimensi

Statistik	Nilai
N	217
Rata-rata	42.52
Deviasi standar	19.70
Skewness	-0.222
Minimum	6.670
Maksimum	80.00

Berdasarkan data pada Gambar 1, terlihat bahwa skor pemahaman konsep dinamika partikel 1 dimensi terkonsentrasi pada rentang menengah ke bawah. Sebanyak 21,20% subjek memperoleh skor 53,33, diikuti 14,75% pada skor 40,00, dan 11,98% pada skor 46,67. Hanya sebagian kecil peserta yang mencapai skor di atas 73,33 (total 9,67% untuk skor 73,33 dan 80,00), sementara tidak ada satu pun subjek yang meraih skor 86,67 ke atas. Di sisi lain, proporsi peserta dengan skor sangat rendah (6,67 hingga 20,00) mencapai 22,12%, menunjukkan bahwa lebih dari seperlima mahasiswa masih berada pada level pemahaman yang sangat terbatas. Pola distribusi ini mengonfirmasi data statistik deskriptif bahwa rata-rata skor rendah (42,52) dan variasi antarpeserta cukup besar. Puncak distribusi terjadi pada skor 53,33, namun sebaran cenderung mengelompok di sekitar nilai 40,00–53,33 (total 48,11% subjek). Kondisi ini semakin memperkuat argumen perlunya strategi pembelajaran berdiferensiasi, karena terdapat kelompok peserta dengan pemahaman sangat rendah (skor < 20) dan kelompok dengan pemahaman relatif lebih baik (skor > 60) yang membutuhkan pendekatan berbeda agar peningkatan pemahaman konsep dapat terjadi secara merata.



Gambar 1. Persentase Skor Pemahaman Konsep Dinamika Partikel 1 Dimensi

Profil Gaya Belajar Mahasiswa

Profil gaya belajar mahasiswa menunjukkan keragaman karakteristik (Tabel 3), dengan proporsi unimodal (50,24%) dan multimodal (49,76%) hampir berimbang. Pada kelompok unimodal, gaya belajar visual mendominasi secara mencolok (21,20%), sementara gaya baca/tulis merupakan yang paling rendah (5,07%). Di sisi multimodal, kombinasi auditorial-kinestetik (AK) dan auditorial-baca/tulis-kinestetik (ARK) menjadi yang paling menonjol, masing-masing mencapai sekitar 7–9% dari total subjek. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun sebagian besar mahasiswa memiliki kecenderungan tunggal, hampir separuhnya memerlukan lebih dari satu modalitas untuk belajar efektif. Keberagaman ini, terutama dominasi visual dan tingginya kebutuhan multimodal, memperkuat argumen perlunya strategi pembelajaran berdiferensiasi serta pendekatan multi-representasi yang mengintegrasikan elemen visual, auditorial, dan kinestetik secara simultan.

Tabel 3. Profil Gaya Belajar

Tipe modalitas	Gaya Belajar	N	%
Unimodal	V	46	21,20
	A	21	9,68
	R	11	5,07
	K	31	14,29
Bimodal	VA	10	4,61
	VR	5	2,30
	VK	7	3,23
	AR	5	2,30
	AK	16	7,37
	RK	4	1,84
Trimodal	VAR	9	4,15
	VAK	9	4,15
	VRK	7	3,23
	ARK	21	9,68
Kuadrimodal	VARK	15	6,91
	Total	217	100,00

Analisis Kebutuhan Strategi Pembelajaran Berdiferensiasi dengan Multi-Representasi

Analisis kebutuhan ini didasarkan pada temuan dari instrumen tes pemahaman konsep, angket terbuka, dan wawancara. Hasil berikut ini dipaparkan secara integratif berdasarkan tema yang kami rancang pada angket terbuka, yakni kesulitan konseptual pada dinamika partikel 1 dimensi, preferensi representasi dan gaya belajar, harapan terhadap pembelajaran berdiferensiasi, dan masukan terbuka dan desain pembelajaran ideal.

Tema 1: Kesulitan Konseptual pada Dinamika Partikel 1 Dimensi

Data untuk tema 1, yakni kesulitan konseptual pada dinamika partikel 1 dimensi mendukung temuan kuantitatif yang telah dipaparkan sebelumnya. Hasil analisis angket terbuka terhadap 20 mahasiswa menunjukkan bahwa kesulitan konseptual tertinggi terletak pada topik gaya dan diagram benda bebas (*free-body diagram*). Sebanyak 18 (90,00%) mahasiswa menyebutkan sub-topik ini sebagai yang paling sulit dipahami. Mahasiswa dengan

kecenderungan gaya belajar visual (V) dan *read/write* (R) secara khusus mengeluhkan kesulitan dalam menggambar dan menafsirkan arah gaya pada diagram. Kesulitan kedua yang paling sering dikemukakan adalah hubungan kinematika antara percepatan, kecepatan, dan posisi, yang dominan dialami oleh mahasiswa auditorial (A) dan kinestetik (K). Temuan ini memperkuat penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kemampuan mahasiswa dalam menjawab persoalan mekanika bergantung pada representasi soal (Adha & Taqwa, 2024; Romansyah & Taqwa, 2023). Tidak hanya itu, temuan kami menunjukkan bahwa sebanyak 17 (85,00%) mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami percepatan, kecepatan, dan posisi yang dinyatakan dalam bentuk grafik. Beberapa temuan sebelumnya mengonfirmasi bahwa dari beberapa representasi dalam fisika, grafik merupakan salah satu representasi paling sulit dipahami (Yakob dkk., 2026). Seorang mahasiswa dengan gaya belajar auditorial-kinestetik (S15) mengungkapkan,

> *"Saya sering bingung kapan percepatan positif atau negatif kalau hanya dijelaskan dengan kata-kata. Pada saat menemui grafik juga sering bingun membedakan kapan benda bergerak ke kanan atau kekiri."*

Dalam mengatasi kesulitan tersebut, 15 (75,00%) mahasiswa lebih memilih mencari video penjelasan di *YouTube*, terutama mereka yang bergaya visual, kinestetik, dan kombinasi visual-kinestetik. Sementara itu, diskusi dengan teman menjadi pilihan utama bagi 7 (35,00%) mahasiswa auditorial dan auditorial-*read/write*. Hanya 3 (15,00%) mahasiswa (dengan gaya *read/write* dan visual-*read/write*) yang masih mengandalkan membaca ulang catatan, dan tidak ada satupun yang secara rutin bertanya kepada dosen karena alasan malu atau keterbatasan waktu. Temuan ini diperkuat oleh contoh kebingungan antar konsep, seperti pernyataan S02 (visual, skor 40):

> *"Saya kira kecepatan nol berarti percepatan nol, padahal di titik tertinggi lemparan vertikal kecepatan nol tapi percepatan tetap konstan sebesar percepatan gravitasi."*

Demikian pula S11 (kinestetik, skor 53,33) mengaku,

> *"Saya masih sering terbawa oleh pemahaman saya saat SMA, dimana gaya normal selalu ke atas, padahal di bidang miring arahnya tegak lurus bidang, bukan vertikal. Saya baru memahami ini setelah dosen menjelaskan secara langsung, didukung dengan demonstrasi dan ilustrasi visual di PPT"*

Pola ini mengindikasikan bahwa kesulitan konseptual yang teridentifikasi tidak hanya dipengaruhi oleh gaya belajar, tetapi juga oleh cara penyajian materi yang kurang memadai. Khususnya, data wawancara menunjukkan adanya kesalahan konseptual yang persisten—seperti anggapan bahwa kecepatan nol berarti percepatan nol, atau bahwa gaya normal selalu berarah vertikal ke atas—yang merupakan bentuk kesalahan konseptual terdokumentasi secara kualitatif, bukan sekadar inferensi dari skor tes. Hal ini sejalan dengan temuan Irsyad dkk. (2024), Susanti dkk. (2020), dan Taqwa & Rivaldo (2019) yang menunjukkan bahwa kesalahan konseptual pada mahasiswa seringkali bertahan akibat kurangnya representasi visual dan eksperimen langsung

dalam pembelajaran, sehingga siswa lebih mengandalkan ingatan verbal yang keliru. Selain itu, ketersediaan bahan ajar yang mengakomodasi kebutuhan mahasiswa juga menjadi aspek yang penting. Ini sejalan dengan pernyataan Tonyali dkk. (2023) dan Treagust dkk. (2017) bahwa bahan ajar yang tidak memfasilitasi variasi gaya belajar dapat memperkuat pemahaman yang salah, karena mahasiswa tidak mendapatkan penjelasan alternatif yang sesuai dengan preferensi mereka.

Tema 2: Preferensi Representasi dan Gaya Belajar

Terkait bentuk penyajian materi yang paling membantu, mahasiswa menunjukkan preferensi yang beragam namun berpola. Animasi dan simulasi interaktif menjadi representasi paling diminati, yakni oleh 8 (40,00%) mahasiswa, seperti diungkapkan S01 (visual):

> *"Animasi gerak bola jatuh dengan diagram gaya yang bergerak membuat saya paham hubungan percepatan."*

Animasi dan simulasi interaktif menjadi representasi yang sangat menarik dan disukai oleh siswa dalam pembelajaran fisika karena dapat meningkatkan motivasi dan pemahaman konseptual mereka (Utami & Amiruddin, 2018). Peringkat kedua adalah demonstrasi langsung atau praktikum (6 atau 30,00% mahasiswa), dengan pernyataan khas S10 (kinestetik, skor 80):

> *"Saya perlu lebih senang belajar dari hal-hal yang sering saya temui di sekeliling saya. Saya sering mengamati lingkungan sekitar yang berkaitan dengan konsep fisika yang telah saya pelajari. Pada mata kuliah Mekanika Klasik juga saya lebih senang jika dosen melakukan demonstrasi."*

Hal ini sejalan dengan temuan Andersson & Enghag (2017) bahwa pengalaman hidup sehari-hari mahasiswa dapat berkembang menjadi penalaran fisika melalui diskusi kelompok, sehingga disarankan untuk memberikan lebih banyak waktu di kelas fisika guna menyelesaikan masalah-masalah terbuka yang bermula dari pengalaman pribadi. Sejalan dengan itu, Mulyana (2009) menemukan bahwa penerapan metode demonstrasi dalam pembelajaran fisika secara umum meningkatkan pemahaman konsep siswa, dengan 96% sampel menyukai metode demonstrasi dan 100% menyatakan materi lebih mudah dipahami ketika demonstrasi diterapkan. Selanjutnya, gabungan grafik dan diagram dipilih oleh 4 (20,00%) mahasiswa (didominasi visual-kinestetik), sementara penjelasan verbal lisan hanya dipilih oleh 2 (10,00%) mahasiswa auditorial. Ketika diminta menjelaskan konsep fisika kepada teman yang kesulitan, sebagian besar mahasiswa, (10 atau 50,00% orang) akan menggambar diagram atau gambar tangan terlebih dahulu ini didominasi oleh kelompok visual dan multimodal. 6 (30,00%) mahasiswa (terutama multimodal dengan kinestetik) memilih memberi contoh gerak nyata, seperti melempar benda atau mendorong meja. Hanya 3 (15,00%) mahasiswa yang mengutamakan rumus matematis sederhana, dan 1 (5,00%) mahasiswa auditorial memilih analogi lisan.

Mengenai pengalaman dengan multi-representasi, 18 (90,00%) mahasiswa menyatakan sangat terbantu jika suatu konsep disajikan dalam beberapa bentuk sekaligus (rumus, grafik, diagram, contoh nyata). Seorang mahasiswa kuadrimodal (S20, skor 20) memberikan contoh:

> *"Ketika dosen menjelaskan Hukum Newton pakai diagram, rumus, dan simulasi PhET secara bersamaan, saya baru paham beda gaya aksi-reaksi dan gaya setimbang."*

Dua mahasiswa (bergaya *read/write* dan visual-*read/write*) mengakui bahwa kadang mereka merasa kebingungan karena terlalu banyak informasi, namun tetap mengakui bahwa pendekatan multi-representasi bermanfaat bagi teman-temannya yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa multi-representasi efektif untuk menjangkau keragaman gaya belajar, asalkan disajikan secara terstruktur (Sari & Siahaan, 2022).

Tema 3: Harapan terhadap Pembelajaran Berdiferensiasi

Dari sisi harapan terhadap strategi dosen, penyediaan materi dalam berbagai format (video, teks ringkas, simulasi, lembar kerja praktik) menjadi tuntutan paling umum, disebutkan oleh 16 (80,00%) mahasiswa. Sebanyak 10 (50,00%) mahasiswa, khususnya dari kelompok multimodal, mengusulkan adanya kelompok belajar berdasarkan gaya belajar. S13 (visual-auditorial) menjelaskan,

> *"Saya ingin kadang dikelompokkan dengan sesama visual, kadang campuran, supaya bisa saling bantu."*

Selain itu, waktu yang cukup untuk praktik langsung diharapkan oleh 8 mahasiswa (didominasi kinestetik dan multimodal dengan kinestetik), sementara umpan balik individual menjadi harapan 5 mahasiswa dengan skor pemahaman rendah yang menginginkan dosen membahas ulang kesalahan-kesalahan umum (Taqwa dkk., 2023).

Ketika diberikan pilihan cara belajar yang paling menarik, simulasi interaktif (*PhET*) menjadi favorit utama (7 atau 35,00% mahasiswa) dengan alasan kemampuan mengubah parameter dan melihat efeknya secara langsung. Praktikum sederhana dipilih oleh 6 (30,00%) mahasiswa karena alasan "belajar sambil bergerak lebih nempel". Video animasi menarik bagi 4 (20,00%) mahasiswa, diskusi kelompok bagi 2 (10,00%) mahasiswa, dan hanya 1 (5,00%) mahasiswa yang memilih peta konsep. Seluruh mahasiswa mengatakan pembelajaran dengan multi-representasi akan membantu mereka mempelajari materi lebih baik. Alasan utama disampaikan oleh S18 (ARK):

> *"Karena saya kadang paham gambar tapi tidak paham rumus, atau sebaliknya. Dengan multi-representasi, setidaknya satu cara pasti nyambung."*

Tema 4: Masukan Terbuka dan Desain Pembelajaran Ideal

Secara umum, mahasiswa memberikan sejumlah saran untuk pembelajaran dinamika partikel di masa mendatang. 14 (70,00%) mahasiswa secara tegas menyatakan bahwa pembelajaran tidak boleh hanya mengandalkan ceramah. 12 (60,00%) mahasiswa mengusulkan modul dengan berbagai representasi. Modul fisika multi-representasi sangat penting dalam pembelajaran karena mampu mengakomodasi beragam gaya belajar siswa, membantu mereka membangun pemahaman konsep yang lebih mendalam melalui sajian materi yang beragam (Jannah dkk., 2025; Permadi, 2018). 5 (25,00%) mahasiswa (dari kelompok

unimodal) menyarankan adanya tes formatif yang relevan dengan tujuan perkuliahan, kemudian diberi umpan balik oleh dosen. Hal ini sejalan dengan temuan Irawan dkk. (2025) bahwa dalam pembelajaran fisika yang berpusat pada siswa, umpan balik formatif secara strategis dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan motivasi belajar siswa. Sementara itu, 9 (45,00%) mahasiswa lainnya berharap dosen lebih sering memberikan contoh soal dengan representasi berbeda.

Ketika diberi kebebasan dalam mendesain pembelajaran, mahasiswa berharap dalam pembelajaran mereka disajikan persoalan yang variatif dengan beragam representasi. 2 (10,00%) mahasiswa berharap agar terlibat dalam pembelajaran, misalnya dalam mendemonstrasikan kasus fisika. Tidak hanya itu, mahasiswa dengan gaya belajar kinestetik berharap dapat menggunakan pengalaman keseharian mereka atau memahami materi dengan contoh-contoh yang lebih nyata. Dengan demikian, temuan ini mengindikasikan bahwa mahasiswa dengan gaya belajar beragam (khususnya kinestetik), memerlukan desain pembelajaran yang tidak hanya variatif dalam representasi, tetapi juga memberikan ruang partisipasi aktif dan koneksi dengan pengalaman konkret sehari-hari.

Implikasi Temuan

Temuan penelitian ini memiliki sejumlah implikasi penting, baik secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, hasil penelitian memperkuat pandangan bahwa pemahaman konsep mahasiswa pada topik mekanika masih tergolong rendah dengan variasi yang besar, dan kesulitan konseptual yang persisten—khususnya pada pemahaman gaya normal serta hubungan kecepatan-percepatan sebagaimana terdokumentasi melalui data wawancara—masih ditemukan di kalangan mahasiswa. Hal ini mengonfirmasi teori perubahan konseptual bahwa pengetahuan awal yang keliru perlu dikonfrontasi secara eksplisit melalui representasi yang beragam dan pengalaman konkret. Selain itu, profil gaya belajar yang beragam (50,24% unimodal dan 49,76% multimodal) menunjukkan bahwa tidak ada satu modalitas yang dominan secara mutlak; bahkan pada kelompok unimodal, gaya visual jauh lebih tinggi dibandingkan dengan *read/write*. Implikasinya, pendekatan multi-representasi tidak cukup hanya dengan menggabungkan teks dan gambar, tetapi harus dirancang secara terstruktur dengan porsi proporsional sesuai kebutuhan mahasiswa. Lebih lanjut, temuan bahwa mahasiswa dengan skor pemahaman rendah sangat mengharapkan umpan balik individual mengindikasikan bahwa umpan balik formatif individual merupakan komponen kritis dalam strategi berdiferensiasi yang selama ini kurang mendapat perhatian. Secara praktis, bagi dosen pengampu mata kuliah Mekanika Klasik, temuan ini mendorong perlunya desain ulang perkuliahan yang tidak lagi mengandalkan metode ceramah tunggal. Rekomendasi konkret yang dapat diimplementasikan antara lain menyediakan bahan ajar dalam multi-format, mengalokasikan waktu untuk demonstrasi langsung dan praktikum sederhana, membentuk kelompok belajar yang fleksibel, serta memberikan umpan balik individual secara berkala terutama bagi mahasiswa dengan skor rendah.

Penelitian ini baru pada tahap analisis kebutuhan, sehingga agenda utama adalah mengembangkan dan menguji coba strategi pembelajaran berdiferensiasi berbasis multi-representasi melalui desain kuasi-eksperimen atau *mixed methods* dengan tahap intervensi. Karena kesulitan konseptual yang teridentifikasi dalam studi ini bersifat persisten dan berpotensi resisten terhadap perubahan, diperlukan studi longitudinal yang mengikuti perkembangan pemahaman mahasiswa sepanjang semester untuk melihat apakah strategi berdiferensiasi mampu

menghasilkan perubahan konseptual yang bertahan lama. Selain itu, temuan bahwa mahasiswa dengan skor rendah sangat membutuhkan umpan balik individual membuka pertanyaan baru tentang bentuk umpan balik yang paling efektif untuk setiap profil gaya belajar, yang dapat dijawab melalui riset kualitatif atau *single-case design*. Penelitian selanjutnya juga dapat mengembangkan instrumen diagnostik kesulitan konseptual berbasis komputer adaptif yang mampu mendeteksi kesalahan pemahaman secara *real-time* dan menawarkan representasi alternatif sesuai gaya belajar mahasiswa. Terakhir, replikasi desain serupa di berbagai perguruan tinggi dengan karakteristik mahasiswa berbeda diperlukan untuk menguji generalisasi temuan.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu diakui. Pertama, keterbatasan generalisasi karena subjek hanya mencakup 217 mahasiswa dari dua program studi di satu universitas di Jawa Timur, sehingga hasil tidak dapat digeneralisasikan secara luas tanpa replikasi di konteks lain. Kedua, instrumen pemahaman konsep hanya berupa 15 soal pilihan ganda yang meskipun telah divalidasi, memiliki kelemahan dalam mendeteksi miskonsepsi secara mendalam karena tidak mengungkap alasan di balik jawaban; penelitian selanjutnya disarankan menggunakan instrumen *two-tier, three-tier* atau dukungan alasan untuk mengungkap konsepsi mahasiswa secara lebih mendalam. Ketiga, pengukuran gaya belajar menggunakan model VARK dengan pendekatan *forced-choice*, padahal model ini telah menerima kritik karena kurangnya bukti empiris bahwa penyesuaian dengan gaya belajar tunggal meningkatkan hasil belajar; peneliti menyadari bahwa pendekatan *universal design for learning* (UDL) dan *multiple representations* lebih kuat secara ilmiah, namun untuk tujuan eksplorasi kebutuhan, VARK tetap memberikan gambaran awal yang berguna. Keempat, keterbatasan waktu pengambilan data kualitatif karena wawancara hanya dilakukan sekali pada 20 mahasiswa, sehingga ada kemungkinan perspektif dari kelompok yang tidak terpilih tidak terwakili dan dinamika kebutuhan yang mungkin berubah selama perkuliahan tidak tertangkap. Kelima, tidak adanya observasi langsung di kelas menyebabkan data kualitatif sepenuhnya bergantung pada laporan diri, sehingga kesenjangan antara harapan mahasiswa dan realitas di kelas tidak dapat diverifikasi secara independen. Keenam, desain *explanatory sequential* yang ditekankan pada studi pendahuluan deskriptif-eksploratif tidak memungkinkan pengujian hubungan kausal, sehingga semua klaim tentang efektivitas strategi pembelajaran berdiferensiasi masih bersifat hipotetik dan memerlukan uji coba intervensi. Ketujuh, potensi bias sosial dalam angket terbuka dan wawancara tidak dapat dihilangkan sepenuhnya meskipun peneliti telah menjamin kerahasiaan identitas dan tidak adanya konsekuensi akademik. Keseluruhan keterbatasan ini perlu dipertimbangkan dalam interpretasi temuan serta menjadi dasar perbaikan pada riset-riset lanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data kuantitatif dan kualitatif, penelitian ini menghasilkan tiga temuan utama sebagai berikut.

1. Tingkat pemahaman konsep mahasiswa pada topik Dinamika Partikel 1 Dimensi masih tergolong rendah (rata-rata 42,52) dengan variasi yang sangat besar (SD = 19,70), di mana lebih dari seperlima mahasiswa (22,12%) berada pada level pemahaman sangat terbatas (skor

<20,00). Kesulitan konseptual yang persisten—khususnya pada pemahaman gaya normal dan hubungan kinematika—terdokumentasi melalui data wawancara.

2. Profil gaya belajar mahasiswa menunjukkan keragaman yang hampir berimbang antara kelompok unimodal (50,24%, didominasi gaya visual sebesar 21,20%) dan multimodal (49,76%), dengan kombinasi auditorial-kinestetik serta auditorial-*read/write*-kinestetik sebagai kecenderungan multimodal yang paling menonjol.
3. Kebutuhan spesifik mahasiswa terhadap strategi pembelajaran berdiferensiasi dengan pendekatan multi-representasi mencakup: (a) penyajian materi dalam berbagai format, terutama animasi/simulasi interaktif (40%) dan demonstrasi langsung (30%); (b) penyediaan kelompok belajar yang fleksibel; (c) alokasi waktu yang memadai untuk praktik langsung; dan (d) pemberian umpan balik individual bagi mahasiswa dengan penguasaan rendah. Desain pembelajaran juga perlu memberikan ruang partisipasi aktif dan koneksi dengan pengalaman konkret, terutama untuk mengatasi kesulitan pada topik gaya, diagram benda bebas, dan interpretasi grafik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberikan sponsor dan pendanaan berupa beasiswa magister dan doktor.

REFERENSI

Adha, A. R., & Taqwa, M. R. A. (2024). Analysis of consistency in students' understanding of multi-representations in the context of determining one-dimensional kinematics distance. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika, 8*(1), 58-67. https://doi.org/10.20527/jipf.v8i1.10282

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and instruction, 16*(3), 183-198. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001

Aminuddin, M., Salman, Z., & Irawati, A. (2024). Multi-representation approach in improving 1-dimensional kinematics conceptual understanding. *Universal Education Journal of Teaching and Learning, 1*(2), 41-45. https://doi.org/10.63081/uejtl.v1i2.34

Andersson, J., & Enghag, M. (2017). The relation between students' communicative moves during laboratory work in physics and outcomes of their actions. *International Journal of Science Education, 39*(2), 158–180. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1270478

Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2021). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of bloom's taxonomy of educational objectives: Complete edition*. New York: Longman.

Asnaini, A. (2024). Students conceptual understanding of energy: classroom action research with contextual learning. *Universal Education Journal of Teaching and Learning, 1*(1), 1-5. https://doi.org/10.63081/uejtl.v1i1.1

Balasubramaniam, G., & Indhu, K. (2016). A study of learning style preferences among first year undergraduate medical students using VARK model. *Education in Medicine Journal, 8*(4). https://doi.org/10.5959/eimj.v8i4.440

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology, 3*(2), 77-101. https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa

Cevikbas, M., Koenig, J., & Rothland, M. (2024). Empirical research on teacher competence in mathematics lesson planning: Recent developments. *ZDM–Mathematics Education, 56*(1), 101-113. https://doi.org/10.1007/s11858-023-01487-2

Chori'ah, S. M., Hadi, W. P., Wulandari, A. Y. R., Putra, D. B. R., & Sutarja, M. C. (2023). Analisis kemampuan multirepresentasi siswa berdasarkan gaya belajar vak materi suhu dan kalor. *NSER: Natural Science Education Research, 6*(2), 39-54. https://doi.org/10.21107/nser.v6i2.21018

Chrysostomou, A., Cornell, A. S., & Naylor, W. (2025). Dominant misconceptions and alluvial flows between Engineering and Physical Science students. *Physics Education, 60*(3), 035026. https://doi.org/10.1088/1361-6552/adc4ad

Eaton, P., Vavruska, K., & Willoughby, S. (2019). Exploring the preinstruction and postinstruction non-Newtonian world views as measured by the Force Concept Inventory. *Physical Review Physics Education Research, 15*(1), 010123. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010123

El-Saftawy, E., Latif, A. A. A., ShamsEldeen, A. M., Alghamdi, M. A., Mahfoz, A. M., & Aboulhoda, B. E. (2024). Influence of applying VARK learning styles on enhancing teaching skills: application of learning theories. *BMC medical education, 24*(1), 1034. https://doi.org/10.1186/s12909-024-05979-x

Fleming, N.D. & Mills, C. (1992) Not Another Inventory, Rather a Catalyst for Reflection. *To Improve the Academy, 11*, 137-155. https://doi.org/10.1002/j.2334-4822.1992.tb00213.x

Hafid, A., & Japeri, A. A. (2025). Improving understanding of 1-dimensional kinematics concepts through motion diagram approach. *Universal Education Journal of Teaching and Learning, 2*(2), 60-67. https://doi.org/10.63081/uejtl.v2i2.38

Hasryani, N., Ariani, T., & Gumay, O. U. P. (2025). Analisis kebutuhan penerapan model teams games tournament dalam pembelajaran fisika berdasarkan hasil observasi guru dan siswa. *Science and Physics Education Journal (SPEJ), 9*(1), 15-27. https://doi.org/10.31539/tfj5vd37

Herayanti, L., Habibi, H., & Sukroyanti, B. A. (2022). The Development of Inquiry-Based Teaching Materials to Improve Physics Teacher's Conseptual Understanding. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 8*(6), 3110-3116. https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i6.2543

Irawan, I. D. A., Kusairi, S., Khusaini, Basri, N. A., Faizah, R., & Habibbulloh, M. (2025). Computer-Assisted Formative Feedback: Perspectives of Physics Students and Teachers – A Comprehensive Needs Analysis. *Science Education International, 36*(3), 1–9. https://www.icaseonline.net/journal/index.php/sei/article/view/1281

Irsyad, M. Z. Z., Istikaroh, I., & Chaierunnisa, F. (2024). Impact of PhET Simulation-Assisted Problem-Based Learning Model on Students' Problem-Solving Skills. *Universal Education Journal of Teaching and Learning, 1*(3), 79-87. https://doi.org/10.63081/uejtl.v1i3.43

Jaffe, H. R. (2020). Administering the VARK Learning Styles Survey. Https://www.cse.Lehigh.edu/. Diakses pada 2 Januari, 2026, dari https://www.cse.lehigh.edu/~cimel/designDocs/VARKinstructions.htm

Jannah, A. H. M., Mahardika, I. K., & Supriadi, B. (2025). Improving Students' Mastery of Physics Concepts Through the Application of Multi-Representation-Based Physics Modules. *International Journal of Education, Information Technology, and Others, 8*(4), 179-188. http://doi.org/10.24036/17682171074

Kiser, R. E. (2015). *Low academically achieving student perceptions of effective instructional strategies at the high school level in the state of Michigan*. Disertasi program doktoral tidak dipublikasikan. Michigan: Central Michigan University.

van der Meij, J. & de Jong, T. (2006). Supporting students ' learning with multiple representations in a dynamic simulation-based learning environment. *Learn. Instr., 16*, 199–212. http://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.007

Mozaffari, H. R., Janatolmakan, M., Sharifi, R., Ghandinejad, F., Andayeshgar, B., & Khatony, A. (2020). The relationship between the VARK learning styles and academic achievement in dental students. *Advances in Medical Education and Practice, 11*, 15–19. https://doi.org/10.2147/AMEP.S235002

Mulyana, A. (2009). *Penerapan metode demonstrasi dalam pembelajaran fisika untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa.* Skripsi tidak diterbitkan. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia).

Nelson, H. J., Munns, A., & Burns, S. K. (2025). Design of an early year's intervention with and for the community: A needs assessment and gap analysis. *Health Promotion Journal of Australia, 36*(2), e952. https://doi.org/10.1002/hpja.952

Permadi, D. (2018). Penggunaan modul multi representasi dalam pembelajaran fisika sma materi termodinamika. *Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya (JIFP), 2*(1), 28-32. https://doi.org/10.19109/jifp.v2i1.2803

Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning styles: Concepts and evidence. *Psychological Science in the Public Interest, 9*(3), 105–119. https://doi.org/10.1111/j.1539-6053.2009.01038.x

Pratama, M. R. A. (2025). Perbandingan efektivitas metode konvensional dan video demonstrasi terhadap pemahaman konsep fisika peserta didik di MAN Insan Cendekia Jambi. *Seminar Nasional Teknologi Dan Multidisiplin Ilmu (SEMNASTEKMU), 5*(1), 247-253. https://doi.org/10.51903/wq0vxt85

Rahim, H. F., Biruni, I. B., Romansyah, T. A., Hidayat, A. H., & Sutopo, S. (2024). Are feedback and reinforcement questions in the recitation program able to improve students' conceptual mastery?. *Universal Education Journal of Teaching and Learning, 1*(4), 117-127. https://doi.org/10.63081/uejtl.v1i4.72

Romansyah, T. A., & Taqwa, M. R. A. (2023). Are there differences in students' ability to solve vector problems in mathematical and visual representations?. In *AIP Conference Proceedings*, *2569*(1), 050022. AIP Publishing LLC. https://doi.org/10.1063/5.0112655

Safitri, I, Kaniawati, I., & Rusnayati, H. (2020). Penerapan multirepresentasi pada pembelajaran inkuiri terbimbing terhadap penguasaan konsep dari gaya belajar. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi (JPFT), 6*(2), 169-174. http://dx.doi.org/10.29303/jpft.v6i2.1870

Salar, R., & Turgut, U. (2021). Effect of differentiated instruction and 5E learning cycle on academic achievement and self-efficacy of students in physics lesson. *Science Education International, 32*(1), 4-13. https://www.icaseonline.net/journal/index.php/sei/article/view/255

Santoso, P. H., Istiyono, E., & Haryanto. (2022). Physics teachers' perceptions about their judgments within differentiated learning environments: A case for the implementation of technology. *Education Sciences, 12*(9), 582. https://doi.org/10.3390/educsci12090582

Sari, M., & Siahaan, S. M. (2022). Keefektifan pengajaran fisika menggunakan modul elektronik berbasis multirepresentasi di SMA Negeri 15 Palembang. *Jurnal Pendidikan Fisika FKIP UM Metro, 10*(2), 151-160. https://doi.org/10.24127/jpf.v10i2.5263

Sundararajan, P., Anthonisamy, . P. X., Paulraj, . V. & Azeez, . A. R. A. (2024) A cross-sectional study of learning style preference among 2nd-year medical graduates using modified VARK questionnaire based on new curriculum. *National Journal of Physiology, Pharmacy and Pharmacology, 14*(5), 831-836. https://doi.org/10.5455/njppp.2023.13.06329202326092023

Susanti, S. D., Taqwa, M. R. A., & Sulur, S. (2020). Pengembangan e-module berbasis discovery learning berbantuan PhET pada materi teori kinetik gas untuk mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi, 6*(2), 287-296.

Taqwa, M. R. A., Yusof, M. M. M., Pebriana, I. N., & Misbakhussuduri, A. (2023). Computer-assisted recitation program: A focused study on students' conceptual understanding on force and motion. *Momentum: Physics Education Journal, 7*(1), 57-65.

Taqwa, M. R. A., & Rivaldo, L. (2019). Pembelajaran problem solving terintegrasi phet: membangun pemahaman konsep listrik dinamis. *Kwangsan: Jurnal Teknologi Pendidikan, 7*(1), 45-56. http://dx.doi.org/10.31800/jtp.kw.v7n1.p45--56

Tonyali, B., Ropohl, M., & Schwanewedel, J. (2023). What makes representations good representations for science education? A teacher-oriented summary of significant findings and a practical guideline for the transfer into teaching. *Chemistry Teacher International, 5*(4), 413-425. https://doi.org/10.1515/cti-2022-0019

Treagust, D. F., Won, M., & McLure, F. (2017). Multiple representations and students' conceptual change in science. In *Converging perspectives on conceptual change* (pp. 121-128). Routledge.

Utami, L., & Amiruddin, A. (2018). Pengembangan media laboratorium virtual model 4d pada mata kuliah fisika. *PHYDAGOGIC Jurnal Fisika dan Pembelajarannya, 1*(1):7-14. https://doi.org/10.31605/phy.v1i1.212

Yakob, M., Muhammad, G. M., Putri, M. D., & Ihsan, I. R. (2026). Coordinating Multiple Representations in Mechanics: A Mixed-Methods Analysis of Prospective Physics Teachers. *Jurnal Pendidikan MIPA, 27*(1), 416-432. https://doi.org/10.23960/jpmipa.v27i1.pp416-432