

PENERAPAN PENDEKATAN PEMBELAJARAN BERDIFERENSIASI BERBASIS DIGITAL DALAM MENINGKATKAN AKTIVITAS DAN HASIL BELAJAR FISIKA PESERTA DIDIK SMP PADA MATERI SUHU DAN PEMUAIAN

Gratiana Novita Puteri Inguliman^{1*}, Egidius Dewa², Claudia M. M. Maing³

^{1,2,3} Universitas Katolik Widya Mandira, Indonesia

Correspondence e-mail: novitainguliman@gmail.com^{1*}

Article History

Accepted: January 9th 2026
Approved: January 31th 2026
Published: January 31th 2026

DOI: doi.org/10.30822/6qhy8j97

ABSTRAK

Masalah umum yang dihadapi dalam lanskap pendidikan kontemporer adalah perbedaan antara kemahiran pendidik dalam mengintegrasikan teknologi dalam lingkungan belajar kelas. Rendahnya aktivitas dan hasil belajar peserta didik dipicu oleh dominasi metode ceramah konvensional serta belum optimalnya pemanfaatan teknologi digital untuk mengakomodasi keberagaman gaya belajar peserta didik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan hasil belajar dan aktivitas belajar peserta didik kelas VII pada materi Suhu dan Pemuaian melalui penerapan pendekatan pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital. Penelitian ini menggunakan metodologi penelitian kuantitatif kuasi-eksperimental yang ditandai dengan desain pretest-posttest satu kelompok. Populasi sampel untuk penelitian ini terdiri dari 23 peserta didik dari kelas VII A. Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini termasuk teknik observasional, wawancara, kuesioner, dan item tes evaluatif. Media pembelajaran yang digunakan terdiri dari modul pengajaran, lembar kerja peserta didik, dan media pembelajaran digital. Teknik analitik untuk data yang digunakan dalam penelitian ini termasuk analisis uji instrumen, penilaian hasil pembelajaran, evaluasi aktivitas pembelajaran, dan pengujian N-Gain. Temuan penelitian ini mengungkapkan, di antara hasil lainnya, bahwa skor rata-rata untuk semua indikator aktivitas belajar peserta didik adalah 87,88%, mengkategorikannya dalam kisaran yang sangat tinggi. Selanjutnya, hasil menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam hasil belajar peserta didik setelah penerapan pendekatan pembelajaran terdiferensiasi berbasis digital, dibuktikan dengan skor N-Gain 0,72, yang termasuk dalam kategori tinggi. Ini menggarisbawahi efektivitas pendekatan pembelajaran terdiferensiasi berbasis digital dalam meningkatkan kinerja akademik siswa yang berkaitan dengan mata pelajaran suhu dan ekspansi.

Kata Kunci: Aktivitas Belajar; Hasil Belajar; Pembelajaran Berdiferensiasi Berbasis Digital.

ABSTRACT

A prevalent issue in the contemporary educational landscape is the disparity in educators' proficiency in integrating technology within the classroom. Low student engagement and learning outcomes are often driven by the dominance of conventional lecture methods and the suboptimal utilization of digital technology to accommodate diverse learning styles. This study aims to analyze the improvement in learning



activities and outcomes among seventh-grade students regarding the topic of Temperature and Expansion through the implementation of a digital-based differentiated learning approach. The research employs a quantitative quasi-experimental methodology featuring a one-group pretest-posttest design. The sample population consists of 23 students from Class VII A. Data collection methods include observational techniques, interviews, questionnaires, and evaluative test items. The instructional media utilized comprise teaching modules, student worksheets, and digital learning platforms. Analytical techniques involve instrument testing, learning outcome assessment, student activity evaluation, and N-Gain analysis. The findings reveal that the average score for all student activity indicators reached 87.88%, placing it in the "very high" category. Furthermore, the results demonstrate a significant increase in student learning outcomes following the implementation of the digital-based differentiated learning approach, evidenced by an N-Gain score of 0.72, which falls into the "high" category. This underscores the effectiveness of the digital-based differentiated learning approach in enhancing students' academic performance related to the subject of temperature and expansion.

Keywords: Learning activities; learning outcomes; digital based differentiated learning.

PENDAHULUAN

Pendidikan diakui sebagai penentu penting dalam menilai kualitas sumber daya manusia dan kemajuan suatu bangsa. Sebagaimana diartikulasikan oleh Ki Hajar Dewantara, pendidikan merupakan elemen penting dalam perjalanan perkembangan anak-anak; dikemukakan bahwa pendidikan mengarahkan semua kemampuan intrinsik yang ada dalam diri peserta didik, sehingga memungkinkan mereka, baik sebagai individu maupun sebagai konstituen masyarakat, untuk mencapai tingkat keamanan dan kebahagiaan tertinggi (Simatupang & Bui, 2025). Pendidikan mencakup transmisi sistematis pengetahuan dan keterampilan yang bertujuan untuk menumbuhkan kapasitas kognitif, sikap, dan kompetensi peserta didik (Meilina et al., 2024; Insani & Munandar, 2023)

Dalam konteks ini, sekolah berfungsi sebagai lembaga pendidikan formal yang perannya strategis dan penting dalam pengembangan individu yang terampil. Pendidikan merupakan proses di mana pendidik mempengaruhi peserta didik untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan mereka, sehingga memfasilitasi transformasi mereka untuk secara efektif terlibat dalam interaksi sosial (Arbi & Amrullah, 2024). Sebagai institusi formal yang strategis, sekolah bertanggung jawab memfasilitasi transformasi peserta didik agar mampu beradaptasi dengan kompleksitas masa depan melalui pengembangan kapasitas kognitif dan kompetensi sosial. Namun, dalam praktik pembelajaran fisika di jenjang SMP, peran ini seringkali terkendala oleh pendekatan instruksional yang homogen. Hal ini menyebabkan rendahnya aktivitas belajar dan hasil belajar, karena pendidik belum sepenuhnya mengintegrasikan teknologi digital untuk mengakomodasi keberagaman karakteristik dan kebutuhan belajar individu peserta didik (Insani & Munandar, 2023; Tamsiruddin, 2024).

Menurut Ki Hajar Dewantara, proses pengajaran dan pendidikan pada dasarnya adalah upaya manusiawi yang harus membebaskan individu dan semua dimensi keberadaan dari kendala fisik, mental, jasmani, dan spiritual. Nadiem Makarim mengartikulasikan bahwa dasar-dasar filosofis Ki Hajar Dewantara akan diaktualisasikan melalui pengembangan kurikulum Merdeka Belajar. Kurikulum Merdeka Belajar menggabungkan paradigma inovatif, salah satunya adalah prinsip Merdeka Belajar, menandakan bahwa peserta didik memiliki otonomi untuk memilih konten pendidikan yang sesuai dengan minat dan kompetensi mereka. Misalnya, peserta didik diberikan kebebasan untuk memilih sumber daya pendidikan yang selaras dengan modalitas

pembelajaran pilihan mereka untuk memfasilitasi pemahaman materi Pelajaran (Insani & Munandar, 2023).

Pendekatan pembelajaran yang berbeda merupakan strategi pedagogis di mana pendidik dapat secara efektif mengatasi beragam kebutuhan peserta didik individu. Pendekatan ini mencakup empat elemen penting yang harus diintegrasikan oleh praktisi ke dalam pengalaman pendidikan di dalam kelas: yaitu, konten, proses, produk, dan lingkungan belajar. Keempat dimensi ini disesuaikan dengan cermat agar selaras dengan karakteristik dan persyaratan khas peserta didik yang terlibat (Fauzia & Ramadan, 2023). Dalam kerangka pembelajaran berdiferensiasi, kualitas pembelajaran tidak hanya ditentukan oleh variasi konten, proses, dan produk, tetapi juga oleh ekosistem kelas yang responsif: lingkungan belajar yang aman dan suportif, kurikulum dengan tujuan belajar yang jelas serta bermakna, asesmen formatif yang berlangsung terus-menerus untuk memandu keputusan pembelajaran, penyesuaian instruksi berdasarkan kebutuhan peserta didik, serta manajemen kelas yang terstruktur namun fleksibel agar seluruh peserta didik dapat mencapai tujuan belajar esensial (Tomlinson, 2014).

Pembelajaran berdiferensiasi merupakan metodologi pedagogis yang mengakomodasi keberagaman profil, minat, dan kesiapan belajar peserta didik melalui penyesuaian berkelanjutan pada komponen konten, proses, dan produk (Tomlinson, 2017; Meilina et al., 2024). Dalam praktik pembelajaran fisika pada materi suhu dan pemuai, diferensiasi konten diwujudkan melalui penyajian materi dalam berbagai format digital, seperti simulasi interaktif untuk peserta didik visual atau podcast penjelasan konsep untuk tipe audiotori (Mulyono, 2026). Selanjutnya, diferensiasi proses dilakukan dengan memberikan tingkat perancah (scaffolding) yang berbeda saat peserta didik melakukan eksperimen pemuai, sementara diferensiasi produk memungkinkan peserta didik mendemonstrasikan pemahaman mereka melalui beragam output, mulai dari laporan, infografis, hingga video demonstrasi hasil analisis data suhu dan pemuai (Wijayanti & Ridlo, 2025). Melalui sinergi ketiga komponen ini, pendidik dapat memitigasi hambatan belajar dan memastikan setiap peserta didik mencapai kompetensi maksimal sesuai dengan kapasitas uniknya.

Berdasarkan temuan yang diperoleh dari wawancara yang dilakukan dengan guru mata pelajaran IPA dan siswa di SMP Katolik Adisucipto Penfui, telah diidentifikasi bahwa ada beberapa tantangan dalam proses pedagogis fisika di kelas. Pertama, ada batasan penting dalam kemampuan pendidik, terutama guru berpengalaman, untuk secara efektif mengadopsi dan mengintegrasikan teknologi digital ke dalam praktik pengajaran mereka. Selain itu, kekurangan fasilitas dan infrastruktur sekolah seperti akses yang tidak memadai ke komputer, konektivitas internet, dan sumber daya digital lainnya menghambat kemampuan pendidik untuk memberikan beragam materi dan kegiatan pembelajaran. Ketiga, ada kecenderungan nyata di antara peserta didik untuk menunjukkan tingkat minat membaca yang rendah, terutama ketika sumber daya membaca terbatas hanya pada bahan buku teks, yang mengakibatkan perasaan bosan dan kesulitan dalam memahami konsep abstrak dalam fisika. Keempat, metode pengelompokan siswa yang bergantung secara eksklusif pada kemampuan mereka, tanpa memperhitungkan gaya dan minat belajar individu mereka, berkontribusi pada perasaan tidak nyaman dan putus asa di antara peserta didik. Selain itu, kelima, ada perbedaan dalam persepsi pelajar tentang fisika sebagai subjek, di mana beberapa siswa menganggapnya menarik, sementara yang lain menganggapnya menantang.

Fenomena ini dibuktikan dengan rendahnya tingkat keterlibatan siswa dan kinerja akademik yang tidak memuaskan dalam fisika. Pengamatan semacam itu menunjukkan bahwa minat dan motivasi adalah faktor penting yang membutuhkan perhatian. Fisika sering dianggap sebagai subjek yang kompleks dan menantang; akibatnya, siswa mungkin menjadi tidak tertarik dan tidak memiliki motivasi untuk terlibat dengannya. Banyak siswa berpendapat bahwa fisika menimbulkan tantangan yang signifikan karena penggabungan berbagai bentuk representasi (Meilina et al., 2024). Pada akhirnya, seluruh tantangan tersebut bermuara pada akar masalah utama, yakni rendahnya keterlibatan aktif dan tidak optimalnya hasil belajar peserta didik pada mata pelajaran fisika.

Aktivitas belajar mencakup seluruh bentuk keterlibatan peserta didik sepanjang pembelajaran, baik yang tampak secara fisik maupun yang berlangsung secara mental-kognitif. Aktivitas fisik dapat

terwujud melalui keterampilan proses dasar misalnya mengamati, mengklasifikasikan, memprediksi, mengukur, menyimpulkan, dan mengomunikasikan sedangkan aktivitas mental-kognitif tampak dalam penalaran serta integrasi berbagai keterampilan untuk membangun pemahaman konseptual. Oleh karena itu, aktivitas merupakan prinsip penting dalam interaksi pedagogis. Sardiman menegaskan bahwa “pada prinsipnya belajar adalah berbuat, tidak ada belajar jika tidak ada aktivitas”, yang menempatkan aktivitas sebagai fondasi penyelenggaraan proses belajar mengajar (Sardiman, 2001). Sejalan dengan itu, KBBI memaknai aktif sebagai “giat (bekerja, berusaha)” dan “mampu beraksi dan bereaksi”, sedangkan aktivitas dimaknai sebagai “keaktifan; kegiatan” (Pusat Bahasa, 2005). Dengan demikian, pembelajaran perlu dirancang untuk mendorong keterlibatan peserta didik secara menyeluruh, yakni jasmani sekaligus rohani/psikologis; Sriyono dkk. menekankan bahwa ketika guru mengajar, ia harus mengusahakan agar peserta didik aktif “jasmani maupun rohani” (Sriyono & dkk., 1992).

Esensi pembelajaran pada dasarnya bertumpu pada keterlibatan aktif peserta didik, baik dalam bentuk tindakan fisik maupun keterlibatan psikologis-kognitif, karena pembelajaran yang efektif menuntut peserta didik berinteraksi secara bermakna dengan materi, tugas, dan lingkungan belajar. Bukti meta-analitik pada pendidikan STEM menunjukkan bahwa pendekatan yang mendorong aktivitas belajar aktif secara konsisten meningkatkan performa akademik dan menurunkan risiko kegagalan dibanding ceramah tradisional, menguatkan posisi aktivitas sebagai penggerak inti terjadinya belajar (Freeman et al., 2014). Aktivitas belajar yang mencakup keterampilan proses sains dasar seperti mengamati hingga mengomunikasikan dipandang sebagai prasyarat penting untuk membangun pemahaman konseptual dan praktik ilmiah, sekaligus menopang perkembangan kemampuan pada ranah kognitif, afektif, dan psikomotor (Gizaw et al., 2023). Hasil belajar sebagai manifestasi kompetensi pascapengalaman edukatif karenanya sangat dipengaruhi oleh sejauh mana peserta didik menunjukkan keterlibatan yang giat dan responsif; sejumlah studi dan meta-analisis juga melaporkan bahwa dimensi keterlibatan (kognitif, emosional, perilaku) berkorelasi positif dengan capaian belajar (Li & Xue, 2023; Xu et al., 2023). Dengan demikian, ketika hasil belajar rendah, hal itu sering merefleksikan belum optimalnya desain dan iklim kelas dalam menstimulasi keterlibatan peserta didik, sehingga diperlukan intervensi pedagogis yang secara sengaja memperkuat aktivitas belajar sebagai “mesin” utama pencapaian akademik (Freeman et al., 2014; Li & Xue, 2023).

Sejumlah penelitian terdahulu memberikan landasan empiris yang relevan bagi kajian ini. Pertama, Fitriani et al. (2023) melaporkan bahwa penggunaan modul ajar berdiferensiasi yang diintegrasikan dengan Problem-Based Learning (PBL) berkontribusi pada peningkatan hasil belajar peserta didik pada topik suhu, kalor, dan pemuaiannya, sehingga menunjukkan potensi diferensiasi berbasis modul untuk menguatkan capaian akademik pada materi fisika/IPA yang bersifat konseptual dan aplikatif. Kedua, Wijayanti et al. (2023) menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berdiferensiasi memberikan pengaruh signifikan terhadap hasil belajar pada pokok bahasan IPA (dalam studi mereka, materi cahaya), menegaskan bahwa diferensiasi dapat menjadi strategi instruksional yang efektif untuk meningkatkan performa belajar melalui penyesuaian pembelajaran terhadap kebutuhan peserta didik. Ketiga, Setyaningrum et al. (2023) menemukan bahwa penerapan pembelajaran berdiferensiasi dengan model PBL mampu meningkatkan motivasi belajar IPA siswa pada materi tata surya, yang mengindikasikan bahwa kombinasi diferensiasi dan PBL tidak hanya berdampak pada capaian kognitif, tetapi juga pada aspek afektif berupa motivasi belajar.

Bertumpu pada temuan-temuan penelitian terdahulu, studi ini menempatkan pembelajaran berdiferensiasi sebagai kerangka pedagogis yang menegaskan bahwa seluruh peserta didik diarahkan pada tujuan belajar yang sama, meskipun menempuh jalur belajar yang beragam sesuai kebutuhan dan karakteristik masing-masing. Melalui rancangan pembelajaran yang memberi pilihan dan dukungan yang proporsional, pendekatan ini diproyeksikan mampu merespons persoalan rendahnya keterlibatan dan capaian belajar fisika dengan membuka lebih banyak peluang bagi peserta didik untuk memahami konsep secara bermakna. Pada saat yang sama, penelitian ini menekankan pentingnya penciptaan lingkungan belajar yang kondusif, aman, nyaman, dan relevan dengan mengakomodasi minat serta preferensi belajar peserta didik. Dengan demikian, keberhasilan implementasi strategi ini diharapkan tidak hanya memperbaiki partisipasi

selama pembelajaran, tetapi juga berdampak pada peningkatan hasil akademik fisika di satuan pendidikan.

Sejumlah studi terdahulu menunjukkan bahwa pembelajaran berdiferensiasi berpotensi meningkatkan capaian belajar dan motivasi peserta didik. Namun, temuan-temuan tersebut masih dominan menempatkan keberhasilan diferensiasi pada ranah kognitif (misalnya peningkatan skor tes), sementara dimensi lain yang menopang keberlangsungan pembelajaran seperti pengalaman belajar yang aman, nyaman, dan mendukung partisipasi belum banyak dieksplorasi secara sistematis. Padahal, ketika peserta didik memperoleh ruang pilihan dalam cara mengakses materi, menjalankan proses belajar, dan mengekspresikan pemahaman, diferensiasi berpeluang tidak hanya memperkuat performa akademik, tetapi juga membangun iklim kelas yang lebih inklusif sehingga peserta didik berani mencoba, bertanya, dan mengeksplorasi tanpa rasa terancam atau takut salah.

Bertolak dari celah tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menghadirkan kebaruan dengan memeriksa pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital bukan hanya dari sisi hasil belajar, tetapi juga dari sisi aktivitas belajar dan rasa aman–nyaman peserta didik dalam pembelajaran fisika. Secara khusus, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penerapan pendekatan pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital terhadap (1) aktivitas belajar peserta didik dan (2) hasil belajar fisika pada materi suhu dan pemuain di tingkat SMP, sekaligus memotret bagaimana fleksibilitas pilihan tugas dan strategi belajar berkontribusi pada pengalaman belajar yang lebih kondusif. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan menjadi pijakan praktis bagi pendidik dalam merancang pembelajaran fisika yang lebih bermakna, menyenangkan, dan berorientasi pada kebutuhan beragam peserta didik, sehingga mendukung peningkatan keterlibatan serta capaian akademik mereka.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan rancangan kuasi-eksperimental karena intervensi pembelajaran diterapkan pada kelas yang sudah terbentuk sehingga randomisasi subjek secara penuh tidak dimungkinkan. Secara spesifik, desain yang digunakan adalah one-group pretest–posttest, yaitu satu kelompok yang sama diukur sebelum (pretest) dan sesudah perlakuan (posttest) untuk menilai perubahan yang terjadi setelah penerapan pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital. Desain ini relevan untuk evaluasi intervensi kelas nyata, namun memiliki keterbatasan dalam mengontrol ancaman validitas internal seperti history, maturation, dan testing effect karena tidak adanya kelompok kontrol; oleh sebab itu, interpretasi temuan difokuskan pada bukti perubahan sebelum–sesudah yang didukung pengendalian prosedural dan triangulasi data.

Penelitian dilaksanakan di SMP Katolik Adisucipto Penfui pada semester ganjil Tahun Ajaran 2024/2025. Populasi mencakup seluruh peserta didik kelas VII yang terdiri dari enam rombongan belajar (± 32 peserta didik per kelas). Sampel ditetapkan pada kelas VII A menggunakan purposive sampling, dengan pertimbangan capaian akademik dan keterlibatan belajar kelas tersebut relatif lebih rendah dibanding kelas VII lain, sehingga paling relevan untuk menguji sensitivitas intervensi dalam meningkatkan aktivitas dan hasil belajar fisika pada materi suhu dan pemuain.

Intervensi pembelajaran berupa pendekatan pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital yang melalui tiga perangkat utama: modul ajar, LKPD, dan media pembelajaran digital. Modul ajar berfungsi sebagai pemandu implementasi diferensiasi (tujuan, alur, materi inti, dan penguatan konsep), sedangkan LKPD memfasilitasi proses belajar aktif dan pemecahan masalah melalui pertanyaan penuntun, ruang analisis data, serta refleksi. Media digital digunakan untuk memperkaya diferensiasi konten dan proses melalui representasi konsep/aktivitas yang lebih variatif dan interaktif sehingga pembelajaran lebih adaptif terhadap kebutuhan peserta didik. Implementasi dilakukan setelah pengukuran awal (pretest), kemudian pembelajaran berlangsung sesuai perangkat, dan diakhiri dengan pengukuran akhir (posttest) serta pengambilan data aktivitas dan respons peserta didik.

Teknik analisis data dalam penelitian ini disusun untuk mentransformasikan data mentah menjadi temuan yang dapat ditafsirkan secara sah, melalui empat tahapan utama: uji kualitas instrumen, analisis hasil belajar, analisis aktivitas belajar, dan estimasi peningkatan (normalized gain). Pertama, kualitas instrumen dievaluasi melalui validitas isi (content validity) dan reliabilitas penilaian. Validitas isi ditetapkan berdasarkan penilaian para ahli (*expert judgment*) menggunakan koefisien Aiken's V, yang umum digunakan untuk mengkuantifikasi kesepakatan pakar terhadap relevansi butir instrumen pada skala penilaian, dengan rumus:

$$V = \frac{\sum s}{n(c-1)}, \quad s = r - l_0$$

dengan r = skor penilaian ahli untuk suatu butir, l_0 = skor terendah pada skala, c = jumlah kategori skala, dan n = jumlah ahli/validator (Aiken, 1985). Reliabilitas (konsistensi penilaian antarpenilai/validator) dihitung menggunakan Percentage Agreement (PA) untuk memastikan derajat kesesuaian skor antarevaluator, sehingga hasil pengukuran tidak dipengaruhi perbedaan penilaian individual secara berlebihan, dengan rumus:

$$PA = \frac{A}{A + D} \times 100\%$$

dengan A = jumlah kesepakatan (*agreement*) dan D = jumlah ketidaksepakatan (*disagreement*) antarpenilai (Miles & Huberman, 1994; McHugh, 2012).

Kedua, data hasil belajar dianalisis secara deskriptif dengan menghitung skor individu (persentase pencapaian) dan mengelompokkan capaian berdasarkan kriteria kategori yang digunakan dalam naskah (misalnya sangat baik hingga gagal). Skor hasil belajar dinyatakan dalam bentuk persentase menggunakan rumus:

$$\text{Skor}(\%) = \frac{X}{X_{\max}} \times 100\%$$

dengan X = skor yang diperoleh peserta didik dan X_{\max} = skor maksimum. Selain itu, ketuntasan belajar dievaluasi dengan acuan batas ketuntasan minimal yang diterapkan pada konteks penelitian untuk melihat proporsi peserta didik yang mencapai standar kompetensi.

Ketiga, aktivitas belajar dianalisis menggunakan persentase ketercapaian indikator (SR) dari lembar observasi, kemudian dikategorikan ke dalam tingkat aktivitas (sangat rendah hingga sangat tinggi) untuk memotret perubahan kualitas keterlibatan peserta didik selama pembelajaran. Persentase ketercapaian indikator dihitung dengan rumus:

$$SR = \frac{\sum x}{N} \times 100\%$$

dengan $\sum x$ = total skor aktivitas yang diperoleh (akumulasi seluruh indikator/observasi) dan N = skor maksimum yang mungkin dicapai.

Keempat, untuk menilai besaran peningkatan dari pretest ke posttest, penelitian ini menggunakan normalized gain (N-gain), yaitu rasio peningkatan aktual terhadap peningkatan maksimum yang mungkin dicapai. N-gain dihitung menggunakan rumus:

$$g = \frac{S_{\text{post}} - S_{\text{pre}}}{S_{\text{max}} - S_{\text{pre}}}$$

dengan S_{pre} = skor pretest, S_{post} = skor posttest, dan S_{max} = skor maksimum. Metode ini banyak digunakan dalam riset pendidikan sains/fisika untuk mengevaluasi efektivitas intervensi pembelajaran pada desain pretest-posttest, dan hasilnya ditafsirkan dalam kategori rendah, sedang dan tinggi sebagaimana kriteria yang dirujuk (Hake, 1998).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan penyelidikan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimental, yang bertujuan untuk mengevaluasi dampak penerapan pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital dalam meningkatkan keterlibatan dan hasil pendidikan fisika pada peserta didik di sekolah menengah, khususnya pada topik suhu dan pemuain. Penelitian ini dilaksanakan di SMP Katolik Adisucipto Penfui, dengan fokus pada kelas VII A, yang terdiri dari 23 peserta didik sebagai sampel penelitian. Data yang dikumpulkan mencakup kinerja akademik peserta didik selama

kegiatan pembelajaran, serta tingkat keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran, yang menjadi fokus utama penelitian ini.

Desain penelitian menggunakan kerangka pretest-posttest satu kelompok, yang melibatkan pengukuran kondisi peserta didik sebelum dan setelah intervensi pembelajaran. Desain ini memungkinkan untuk melihat perubahan yang terjadi akibat penerapan pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital. Penelitian ini dilakukan dalam dua sesi pembelajaran yang terpisah, yaitu pada hari Jumat dengan materi suhu dan hari Sabtu dengan materi pemuain. Sebelum implementasi pembelajaran, dilakukan uji validitas dan uji reliabilitas pada instrumen dan perangkat pembelajaran yang digunakan, untuk memastikan bahwa instrumen yang digunakan dapat mengukur tujuan yang diinginkan dan perangkat yang dipilih relevan untuk diterapkan dalam penelitian. Hasil uji validitas dan reliabilitas terhadap instrumen penelitian dan perangkat pembelajaran ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Uji Validitas Perangkat dan Instrumen Penelitian

		V'aikens	Kriteria
Perangkat	Modul Ajar	0,70	Valid
	Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	0,70	Valid
Instrumen	Soal Tes Hasil Belajar	0,76	Valid
	Lembar Pengamatan	0,78	Valid
	Aktivitas Belajar		

Berdasarkan hasil yang disajikan dalam Tabel 1 mengenai uji validitas perangkat dan instrumen penelitian, diperoleh skor validitas untuk setiap perangkat pembelajaran dan instrumen yang digunakan. Modul ajar, yang terdiri dari 28 aspek yang diamati, memperoleh skor rata-rata 0,70, yang memenuhi kriteria valid. Demikian pula, lembar kerja peserta didik (LKPD), dengan 8 aspek yang dinilai, juga memperoleh skor rata-rata 0,70, yang menunjukkan bahwa LKPD tersebut valid. Soal tes hasil belajar, yang mencakup 10 aspek soal, memperoleh skor rata-rata 0,76, yang tergolong valid. Terakhir, lembar pengamatan aktivitas belajar, yang terdiri dari 7 aspek yang diamati, memperoleh skor rata-rata 0,78, yang juga memenuhi kriteria valid. Secara keseluruhan, semua perangkat dan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi kriteria validitas yang diperlukan, menunjukkan bahwa instrumen yang digunakan dapat diandalkan untuk mengukur variabel yang diteliti dalam penelitian ini.

Selanjutnya, dilakukan uji reliabilitas pada instrumen penelitian dan perangkat pembelajaran untuk menilai konsistensi instrumen sebagai alat ukur, sehingga dapat dipastikan keandalan hasil yang diperoleh. Adapun hasil yang diperoleh dari uji reliabilitas seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Uji Reliabel Perangkat dan Instrument Penelitian

		PA	Kriteria
Perangkat	Modul Ajar	85,56 %	Sangat Reliabel
	Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	85,22 %	Sangat Reliabel
Instrument	Soal Test Hasil Belajar	92,58 %	Sangat Reliabel
	Lembar Pengamatan	93,20 %	Sangat Reliabel
	Aktivitas Belajar		

Berdasarkan data yang disajikan dalam Tabel 2, koefisien reliabilitas untuk setiap perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian menunjukkan tingkat keandalan yang sangat baik, dengan nilai-nilai yang terperinci untuk setiap alat ukur. Modul ajar memiliki skor reliabilitas sebesar 85,56%, yang dikategorikan sebagai sangat reliabel. Begitu pula dengan lembar kerja peserta didik (LKPD), yang mencapai skor 85,22%, juga termasuk dalam kategori sangat reliabel. Untuk

instrumen penilaian, seperti soal tes hasil belajar, skor rata-rata yang diperoleh adalah 92,58%, yang menunjukkan bahwa instrumen ini sangat reliabel. Sementara itu, lembar pengamatan aktivitas belajar, yang mengukur keterlibatan siswa selama pembelajaran, mencatat skor reliabilitas tertinggi, yaitu 93,20%, yang juga digolongkan sebagai sangat reliabel.

Dengan demikian, berdasarkan hasil uji validitas dan reliabilitas, seluruh perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini termasuk modul ajar, LKPD, soal tes hasil belajar, dan lembar pengamatan aktivitas dapat dikategorikan sebagai valid dan reliabel. Implikasi dari kualitas instrumen yang sangat reliabel dan valid ini memberikan dasar yang kuat bagi peneliti untuk mengklaim bahwa peningkatan aktivitas dan hasil belajar yang teramati memang merupakan dampak nyata dari penerapan pembelajaran berdiferensiasi, dan bukan disebabkan oleh kesalahan dalam pengukuran.

Setelah evaluasi validitas dan reliabilitas selesai dilakukan, penelitian dilanjutkan selama dua hari untuk mengkaji dampak penerapan pendekatan pembelajaran diferensiasi berbasis digital terhadap prestasi akademik siswa, serta untuk menilai keterlibatan belajar siswa. Hasil akademik diukur melalui tes pilihan ganda yang kemudian dianalisis secara statistik. Temuan yang diperoleh dari analisis hasil akademik mencakup hasil belajar seperti pada Tabel 3

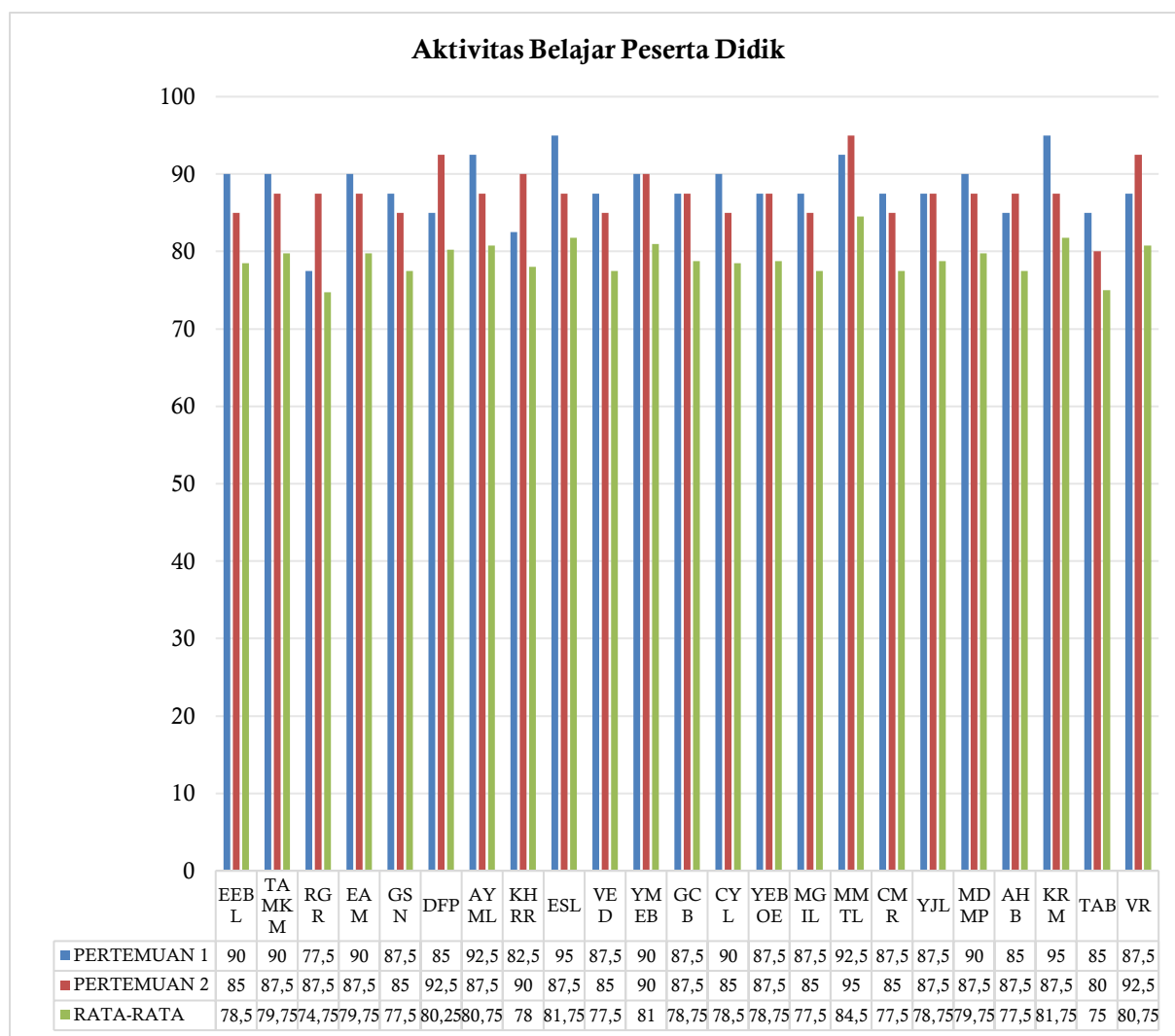
Tabel 3. Statistik Deskriptif Hasil Belajar

Test	Jumlah Sampel	Min	Max	Mean	Median	Modus	SD
<i>Pre-test</i>	23	10	70	41.30435	40	30	18,25
<i>Post-test</i>	23	60	100	81.30435	80	80	12,62

Berdasarkan Tabel 3 yang disajikan, analisis hasil belajar menunjukkan adanya peningkatan signifikan setelah penerapan pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital. Data yang diperoleh dari 23 peserta didik menunjukkan perubahan yang mencolok. Pada pre-test, nilai peserta didik berkisar antara 10 hingga 70, dengan nilai rata-rata (mean) 41,30, median 40, dan modus 30. Standar deviasi yang cukup tinggi, yaitu 18,25, menunjukkan adanya variasi nilai yang cukup lebar di antara peserta didik.

Setelah penerapan pendekatan pembelajaran berdiferensiasi, terjadi peningkatan yang signifikan pada post-test. Rentang nilai peserta didik meningkat menjadi 60 hingga 100, dengan nilai rata-rata (mean) 81,30, median 80, dan modus 80. Nilai standar deviasi menurun menjadi 12,62, yang mengindikasikan bahwa sebaran nilai peserta didik menjadi lebih homogen dan lebih terkonsentrasi di sekitar nilai rata-rata. Peningkatan rata-rata sebesar 40 poin (dari 41,30 pada pre-test menjadi 81,30 pada post-test) menunjukkan efektivitas pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital dalam meningkatkan hasil belajar. Peningkatan pada median dan modus juga memperkuat temuan ini, menunjukkan bahwa penerapan pendekatan pembelajaran berdiferensiasi tidak hanya meningkatkan hasil belajar secara keseluruhan, tetapi juga menyelaraskan hasil yang dicapai oleh peserta didik. Penurunan standar deviasi mengindikasikan bahwa pembelajaran yang diterapkan berhasil mengurangi kesenjangan hasil belajar di antara peserta didik, sehingga menghasilkan hasil yang lebih merata.

Pengamatan aktivitas dilakukan selama dua pertemuan pembelajaran yang menggunakan pendekatan pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital. Selama dua sesi tersebut, terdapat 10 aspek aktivitas yang diamati, yang mencakup berbagai elemen pembelajaran yang diterapkan. Setiap aspek ini berfokus pada berbagai dimensi keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran. Diagram batang berikut ini menggambarkan persentase aktivitas belajar peserta didik berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada kedua pertemuan tersebut.



Gambar 1. Persentase Aktivitas Belajar Peserta Didik

Berdasarkan data yang disajikan dalam Diagram 1 di atas, dapat disimpulkan bahwa persentase rata-rata keterlibatan pembelajaran (SR) peserta didik dalam setiap pertemuan menunjukkan hasil yang sangat baik, dengan skor rata-rata melebihi 81%, yang mengklasifikasikan tingkat keterlibatan dalam kategori sangat tinggi. Pada pertemuan pertama, dengan jumlah peserta didik sebanyak 23 orang, skor rata-rata keterlibatan yang dicapai adalah 88,26%, yang masuk dalam kategori sangat tinggi. Pada pertemuan kedua, dengan jumlah peserta yang sama, yaitu 23 peserta didik, skor rata-rata keterlibatan tercatat 87,50%, yang juga termasuk dalam kategori sangat tinggi. Secara keseluruhan, rata-rata kumulatif keterlibatan belajar peserta didik mencapai 87,88%, yang semakin memperkuat klasifikasi dalam kategori sangat tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan pendekatan pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital berhasil meningkatkan keterlibatan siswa secara signifikan selama kedua pertemuan tersebut.

Selanjutnya dilakukan Uji N-Gain untuk mengetahui peningkatan hasil belajar peserta didik. Data ini diperoleh dengan menganalisis hasil belajar *pre-test* dan *post-test* dalam proses belajar mengajar. Adapun data hasil Uji N-Gain ditunjukkan pada Tabel 4

Tabel 4. Uji N-Gain Peningkatan Hasil Belajar

Nilai Rerata <i>Pre-test</i>	Nilai Rerata <i>post-test</i>	Skor <i>posttest</i> - skor <i>pretest</i>	Skor maksimum- skor <i>pretest</i>	N-Gain	Kriteria
41,30	83,48	42,17	58,70	0,72	Tinggi

Berdasarkan data yang disajikan dalam Tabel 4, hasil uji N-Gain menunjukkan peningkatan signifikan dalam hasil belajar peserta didik setelah penerapan pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital. Nilai rata-rata pre-test yang diperoleh peserta didik adalah 41,30, sementara nilai rata-rata post-test meningkat menjadi 83,48. Selisih antara skor post-test dan pre-test adalah 42,17, sementara skor maksimal yang dapat dicapai dikurangi skor pre-test adalah 58,70. Dengan demikian, N-Gain yang dihitung untuk seluruh peserta didik adalah 0,72, yang berada dalam kategori tinggi, menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam hasil belajar mereka. Peningkatan ini memperkuat bukti bahwa penerapan pendekatan pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital berkontribusi secara positif terhadap penguasaan materi yang diajarkan, khususnya dalam topik suhu dan pemuain.

Dalam konteks sintaks pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital yang diterapkan meliputi diagnostik awal, diferensiasi konten, proses, dan produk perubahan yang sistematis pada tahapan pembelajaran tampak kuat berkorelasi dengan peningkatan indikator hasil belajar dan indikator aktivitas peserta didik. Secara teoretis, diferensiasi mengacu pada penyesuaian unsur-unsur pembelajaran untuk memenuhi kebutuhan, minat, dan kesiapan peserta didik (Tomlinson, 2017). Integrasi digital memperkuat hal ini dengan menyediakan variasi representasi konten dan media (video interaktif, simulasi, tautan sumber eksternal) yang menjangkau spektrum gaya belajar, yang telah dilaporkan sebagai faktor kunci dalam peningkatan keterlibatan kognitif dan aktivitas belajar siswa (Subandiyah et al., 2025).

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa ketika peserta didik diberi akses pada konten digital yang variatif, mereka menunjukkan keterlibatan belajar yang sangat tinggi (mean SR > 87%), yang mencerminkan perilaku aktif secara kognitif, emosional, dan partisipatif selama proses pembelajaran (Habibi et al., 2025). Hal ini selaras dengan studi lain yang menunjukkan bahwa pembelajaran berdiferensiasi meningkatkan student engagement dan learning behavior, karena strategi pembelajaran tersebut menempatkan siswa di pusat proses pembelajaran, memberi mereka pilihan dan tantangan sesuai kebutuhan (Subandiyah et al., 2025).

Lebih jauh, hasil academic achievement yang meningkat secara signifikan (N-gain tinggi) memperkuat klaim bahwa sintaks pembelajaran berdiferensiasi khususnya tahap scaffolding dalam proses pembelajaran membantu peserta didik memproses dan menginternalisasi materi secara lebih efisien. Penerapan strategi pengelompokan fleksibel, variasi media digital, serta aktivitas berbasis problem solving memungkinkan peserta didik untuk berpindah dari aktivitas pasif menuju aktivitas yang lebih generatif dan konstruktif, sebuah pola yang dibahas dalam kerangka teoritis ICAP yang menunjukkan bahwa keterlibatan aktif berkorelasi dengan hasil belajar yang lebih baik (Chi, 2017).

Komparasi dengan penelitian terdahulu juga memperlihatkan bahwa pendekatan pembelajaran berdiferensiasi tidak hanya meningkatkan skor akademik, tetapi juga memperluas dimensi keterlibatan peserta didik dalam proses pembelajaran. Sebagai contoh, penelitian Subandiyah et al. (2025) menunjukkan bahwa dibandingkan dengan metode tradisional, kelas yang diberi perlakuan diferensiasi menunjukkan peningkatan signifikan pada akademik dan perilaku belajar siswa. Penelitian lain di konteks berbeda juga mengonfirmasi bahwa pembelajaran diferensiasi mampu meningkatkan baik keterlibatan maupun pencapaian akademik siswa (Song, 2025).

Namun, perlu dicatat bahwa efektivitas sintaks berdiferensiasi ini juga bergantung pada kesiapan guru dalam merancang dan mengelola aktivitas berbasis digital serta infrastruktur teknologi yang tersedia (Wahyuni & Haryanti, 2024). Fokus pada konten dan proses tanpa memadai dukungan digital bisa menghambat integrasi diferensiasi yang optimal, seperti dilaporkan dalam kajian terbaru yang menunjukkan bahwa keterbatasan digital literacy dan kesiapan instruksional dapat memoderasi dampak positif teknologi dalam pembelajaran diferensiasi (Inayati et al., 2025).

Namun, meskipun temuan ini menunjukkan hasil yang positif, beberapa keterbatasan dan potensi bias perlu diperhatikan. Salah satunya adalah keterbatasan desain penelitian yang menggunakan pretest-posttest satu kelompok. Desain ini tidak mencakup kelompok kontrol, yang dapat mengarah pada potensi bias akibat variabel eksternal seperti efek maturasi dan pengaruh luar yang tidak dapat dikontrol dalam konteks penelitian. Selain itu, meskipun perangkat

pembelajaran yang digunakan valid dan reliabel, akses teknologi yang tidak merata antar peserta didik dapat menjadi faktor eksternal yang memengaruhi keterlibatan dan hasil belajar.

Secara teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam memperkaya literatur mengenai pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital. Penelitian ini menegaskan bahwa keberhasilan pembelajaran tidak hanya bergantung pada konten yang diajarkan, tetapi juga pada bagaimana strategi pembelajaran yang diterapkan dapat mengakomodasi perbedaan kebutuhan belajar siswa. Dengan demikian, hasil penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teori pembelajaran inklusif dan pendekatan berbasis teknologi.

KESIMPULAN

Penerapan pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital terbukti secara signifikan meningkatkan aktivitas dan hasil belajar fisika peserta didik. Data menunjukkan tingkat keterlibatan peserta didik yang sangat tinggi, dengan skor rata-rata 87,88%, dan peningkatan hasil belajar yang signifikan, dengan N-Gain 0,72, dari rata-rata pre-test 41,30 menjadi post-test 83,48. Hasil ini menjawab rumusan masalah penelitian, yang berfokus pada peningkatan keterlibatan dan hasil akademik. Namun, keterbatasan desain penelitian yang menggunakan pretest-posttest satu kelompok tanpa kelompok kontrol mempengaruhi validitas eksternal. Oleh karena itu, disarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan desain eksperimen yang lebih kuat, seperti randomized controlled trials (RCT), serta mengeksplorasi penggunaan kecerdasan buatan (AI) untuk mempersonalisasi pengalaman belajar. Penelitian ini juga memberikan rekomendasi bagi pendidik untuk lebih mengintegrasikan teknologi digital dalam pembelajaran fisika untuk mengakomodasi keberagaman gaya belajar dan meningkatkan keterlibatan aktif peserta didik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiken, L. R. (1985). Three Coefficients for Analyzing the Reliability and Validity of Ratings. *Educational and Psychological Measurement*, 45(1), 131–142. <https://doi.org/10.1177/0013164485451012>
- Arbi, Z. F., & Amrullah, A. (2024). Transformasi sosial dalam pendidikan karakter di era digital: Peluang dan tantangan. *Social Studies in Education*, 2(2), 191–206.
- Chi, M. T. H. (2017). The ICAP framework: A broad theory of learning that bridges the gap between cognitive and social aspects of learning. *Educational Psychologist*, 52(3), 132–146. <https://doi.org/10.1080/00461520.2017.1327337>
- Fauzia, R., & Ramadan, Z. H. (2023). Implementasi pembelajaran berdiferensiasi dalam Kurikulum Merdeka. *Jurnal Educatio Fkip Unma*, 9(3), 1608–1617.
- Fitriani, Iza, R., Fikri, M., & Fatimah. (2023). Desain Modul Ajar Berdiferensiasi Menggunakan Model PBL dalam Meningkatkan Hasil Belajar Peserta Didik SMP Negeri 3 Peusangan. *JEMAS: Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains*, 4(2), 54–61. <https://id.scribd.com/document/890380230/1-Fitri-OK>
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(23), 8410–8415. <https://doi.org/10.1073/pnas.1319030111>
- Gizaw, G., Woldetsadik, D. A., & Tadesse, T. (2023). Improving science process skills of students: A review. *Science Education International*.

- Habibi, D. D., Waskitaningtyas, N. C., Yusman, F. R., & Aulia, N. S. (2025). *Membangun Pembelajaran Aktif Di Era Digital*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Inayati, I. N., Herlina, L., Muslih, I., Chodijah, S., & Harahap, S. D. (2025). *Strategi pembelajaran di era digital*. Yayasan Pendidikan Hidayatun Nihayah (Penerbit HN Publishing).
- Insani, A. H., & Munandar, K. (2023). Studi literatur: Pentingnya pembelajaran berdiferensiasi di era Kurikulum Merdeka untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. *ScienceEdu*, 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.19184/se.v6i1.39645>
- Li, J., & Xue, E. (2023). Dynamic Interaction between Student Learning Behaviour and Learning Environment: Meta-Analysis of Student Engagement and Its Influencing Factors. *Behavioral Sciences*, 13(1), 59. <https://doi.org/10.3390/bs13010059>
- McHugh, M. L. (2012). Interrater reliability: The kappa statistic. *Biochemia Medica*, 22(3), 276–282. <https://doi.org/10.11613/BM.2012.031>
- Meilina, I. L., Riya, S., & Anggraini, M. A. S. (2024). Studi literatur efektivitas pembelajaran diferensiasi pada pembelajaran fisika. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 13(2), 73–82. <https://doi.org/10.19184/jpf.v13i2.48419>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook* (2nd ed.). Sage.
- Mulyono, A. (2026). *Transformasi Pembelajaran di Era Digital: Inovasi, Adaptasi, dan Arah Baru Pendidikan*. PT Indonesia Delapan Kreasi Nusa.
- Pusat Bahasa, D. P. N. (2005). *Kamus Besar Bahasa Indonesia* (Edisi ke-3). Balai Pustaka.
- Sardiman, A. M. (2001). *Interaksi dan motivasi belajar-mengajar*. RajaGrafindo Persada.
- Setyaningrum, I., Nuraini, A. I., & Savitri, E. N. (2023). Peningkatan Motivasi Belajar Siswa melalui Pembelajaran Berdiferensiasi dengan Menggunakan Model Problem Based Learning. In *Proceeding Seminar Nasional IPA* (pp. 34–43). <https://proceeding.unnes.ac.id/snipa/article/view/2281>
- Simatupang, J. K. N., & Bui, T. C. (2025). Motivasi dan Emosional Berperan Penting dalam Pembelajaran Pendidikan bagi Peserta Didik. *Jurnal Teologi Wesley*, 2(1).
- Song, H. (2025). Differentiated instruction and its effects on student performance and engagement in the context of digital learning. *International Journal of Educational Technology*, 24(2), 178–191. <https://doi.org/10.1007/s11257-025-09344-5>
- Sriyono, & dkk. (1992). *Teknik belajar mengajar dalam CBSA*. Rineka Cipta.
- Subandiyah, S., Widodo, S., & Haryadi, A. (2025). The impact of differentiated instruction on student engagement and achievement in Indonesian language learning. *Journal of Education and Learning*, 19(4), 243–256. <https://doi.org/10.1016/j.edul.2025.04.009>

- Tamsiruddin. (2024). Implementasi pembelajaran berdiferensiasi berbasis digital dalam pembelajaran. *Jurnal Didaktika Pendidikan Dasar*, 8(2), 533–558. <https://doi.org/10.26811/didaktika.v8i2.1280>
- Tomlinson, C. A. (2014). *The differentiated classroom: Responding to the needs of all learners* (2nd ed.). ASCD.
- Tomlinson, C. A. (2017). *How to differentiate instruction in academically diverse classrooms*. ASCD.
- Wahyuni, S., & Haryanti, N. (2024). Optimalisasi Kompetensi Guru Dalam Pengembangan Pembelajaran Berdiferensiasi Berbasis Media Digital. *Wahana Dedikasi: Jurnal PkM Ilmu Kependidikan*, 7(1), 142–154. <https://doi.org/10.31851/dedikasi.v7i1.15974>
- Wijayanti, A., & Ridlo, S. (2025). *Pendekatan STEAM Berdiferensiasi pada Pembelajaran IPA untuk Membekali Karakter dan Keterampilan Abad 21*. Penerbit NEM.
- Wijayanti, P. A., Sinensis, A. R., & Novitasari, D. (2023). Penerapan Pembelajaran Berdiferensiasi Terhadap Hasil Belajar Siswa Pokok Bahasan Cahaya Kelas VIII SMP. *U-Teach: Journal Education of Young Physics Teacher*, 4(2), 63–72. <https://doi.org/10.30599/uteach.v4i2.556>
- Xu, X., Shi, Z., Bos, N. A., & Wu, H. (2023). Student engagement and learning outcomes: an empirical study applying a four-dimensional framework. *Medical Education Online*, 28(1), 2268347. <https://doi.org/10.1080/10872981.2023.2268347>