

## RANCANG BANGUN SIMULASI MULTIMEDIA INTERAKTIF BERBASIS ANDROID UNTUK PEMBELAJARAN SUHU DAN KALOR MENGGUNAKAN ADOBE ANIMATE

*Design and Development of an Android-Based Interactive Multimedia Simulation for  
 Learning Temperature and Heat Using Adobe Animate*

**Mawardi Jalil Masri**

STKIP Darud Da'Wah Wal Irsyad Pinrang  
[mawardi09jalil@gmail.com](mailto:mawardi09jalil@gmail.com)

**Ahmed Sardi**

STKIP Darud Da'Wah Wal Irsyad Pinrang  
[sardihere@gmail.com](mailto:sardihere@gmail.com)

**Muh. Firmansyah JN**

Institut Agama Islam Negeri Parepare  
[muh.firman.jn@gmail.com](mailto:muh.firman.jn@gmail.com)

### **ABSTRACT**

This research is a development study aimed at producing an interactive Android-based multimedia learning tool created using Adobe Animate for the topic of temperature and heat, which is valid, practical, and effective in improving students' learning outcomes. The product was developed using the ADDIE model, which includes the stages of needs analysis, design, prototype development, implementation, and evaluation. The trial was conducted at SMAN 1 Campalagian with Grade XI students in the 2024/2025 academic year, involving a sample of 31 students, and the implementation was carried out over four meetings. The research instruments consisted of expert validation sheets, teacher response questionnaires, student response questionnaires, and learning outcome tests. The validation results showed an average score of 0.74, indicating that the interactive multimedia falls into the valid category and is feasible for use. Teacher responses were categorized as very good, and student responses also predominantly fell into the very good category. The use of the Android-based interactive multimedia was proven to improve students' learning outcomes with a moderate level of gain, indicating that the media is reasonably effective in supporting physics learning on the topic of temperature and heat.

**Keywords:** Adobe Animate, Android, Interactive Multimedia, Simulation, Temperature and Heat

### **ABSTRAK**

Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan yang bertujuan menghasilkan multimedia interaktif berbasis Android menggunakan Adobe Animate pada materi suhu dan kalor yang valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan hasil belajar peserta didik. Produk dikembangkan melalui model ADDIE yang mencakup tahap analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan prototipe, implementasi, serta evaluasi. Uji coba dilakukan di SMAN 1 Campalagian pada peserta didik kelas XI 1 Tahun Ajaran 2024/2025 dengan jumlah sampel 31 orang, dan implementasi berlangsung selama empat kali pertemuan. Instrumen penelitian terdiri atas lembar validasi ahli, angket respons guru, angket respons peserta didik, serta tes hasil belajar. Hasil validasi menunjukkan nilai rata-rata 0,74 yang menempatkan multimedia interaktif pada kategori valid dan layak digunakan. Respons guru memberikan penilaian pada kategori sangat baik, sedangkan respons peserta didik juga menunjukkan dominasi kategori

sangat baik. Penggunaan multimedia interaktif berbasis Android terbukti mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik dengan kategori peningkatan sedang, sehingga media dinilai cukup efektif dalam mendukung pembelajaran fisika pada materi suhu dan kalor.

**Kata kunci:** Adobe Animate, Android, Multimedia Interaktif, Suhu dan Kalor, Simulasi

## A. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dalam dua dekade terakhir telah membawa perubahan signifikan dalam paradigma pembelajaran di berbagai jenjang pendidikan. Integrasi perangkat mobile ke dalam proses belajar menjadi salah satu tren dominan yang melandasi transformasi pedagogis global. Laporan UNESCO menegaskan bahwa perangkat mobile mampu memperluas akses informasi, memfasilitasi pembelajaran mandiri, serta meningkatkan keterlibatan peserta didik melalui fitur interaktif yang tidak dimiliki media konvensional (Sophonhiranrak, 2021). Dalam konteks pendidikan sains, terutama fisika, pemanfaatan teknologi mobile tidak hanya berfungsi sebagai media bantu, tetapi juga sebagai sarana untuk menjembatani konsep-konsep abstrak yang sering kali sulit dipahami siswa melalui pendekatan pembelajaran tradisional.

Fisika dikenal sebagai mata pelajaran yang memiliki karakteristik konseptual, matematis, dan eksperimental. Materi suhu dan kalor merupakan salah satu pokok bahasan yang membutuhkan pemahaman konseptual kuat serta kemampuan menghubungkan fenomena sehari-hari

dengan prinsip ilmiah. Namun sejumlah penelitian menunjukkan bahwa materi ini tergolong sulit bagi peserta didik karena melibatkan konsep mikroskopis seperti perpindahan energi, perubahan wujud, kapasitas kalor, hingga penerapan hukum termodinamika. Kesulitan tersebut diperparah oleh penggunaan metode ceramah satu arah dan media statis yang tidak mampu memvisualisasikan proses-proses termal secara dinamis. Akibatnya, pembelajaran fisika kerap dianggap abstrak, tidak menarik, dan menurunkan motivasi belajar siswa (Banda & Nzabahimana, 2022)

Transformasi pembelajaran melalui multimedia interaktif memberikan peluang untuk mengatasi persoalan tersebut. Anmarkrud (2019) melalui Cognitive Theory of Multimedia Learning menekankan bahwa pembelajaran akan lebih efektif apabila informasi disajikan melalui kombinasi teks, audio, video, dan animasi yang terintegrasi secara selaras dengan cara otak memproses informasi. Multimedia yang berkualitas mampu mengurangi cognitive load, meningkatkan retensi, memperkuat pemahaman konseptual, serta membantu siswa membangun representasi mental yang lebih

akurat terhadap fenomena ilmiah. Temuan serupa diperkuat oleh (Armansyah et al., 2019) yang menyebutkan bahwa multimedia interaktif dapat meningkatkan transfer pengetahuan, khususnya pada materi yang memerlukan visualisasi dan simulasi.

Dalam konteks mobile learning, perangkat Android menjadi salah satu platform yang paling banyak digunakan di Indonesia. (Akraman et al., 2018) menunjukkan bahwa lebih dari 90% pengguna smartphone di Indonesia menggunakan sistem operasi Android, yang menjadikannya platform potensial untuk pengembangan media pembelajaran digital. Keunggulan utama perangkat Android antara lain sifatnya yang portabel, mudah diakses, fleksibel, serta mendukung integrasi multimedia dan berbagai bentuk interaktivitas (Watrianthos et al., 2022). Dengan demikian, pengembangan multimedia interaktif berbasis Android memiliki manfaat strategis dalam memperluas akses, meningkatkan keterlibatan siswa, dan memberikan pengalaman belajar yang lebih kaya.

Pengembangan multimedia pembelajaran berbasis Android dapat dilakukan dengan berbagai perangkat lunak, salah satunya Adobe Animate. Perangkat lunak ini memungkinkan pembuatan animasi, simulasi interaktif,

serta antarmuka pengguna yang responsif. Adobe Animate menyediakan fleksibilitas tinggi dalam membuat media pembelajaran yang menarik secara visual dan mudah digunakan oleh siswa. Dalam pembelajaran fisika, Adobe Animate dapat digunakan untuk menampilkan simulasi perpindahan kalor, perubahan suhu zat, hingga ilustrasi konsep mikroskopik yang tidak dapat diamati secara langsung. Hal ini sejalan dengan prinsip pembelajaran visual yang menyatakan bahwa representasi animatif membantu siswa memahami konsep yang bersifat abstrak dan kompleks (Suherman et al., 2022)

Model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) merupakan salah satu model pengembangan instruksional yang sering digunakan dalam penelitian dan pengembangan media pembelajaran. Model ini dipandang sistematis, komprehensif, dan mudah diadaptasi untuk berbagai jenis produk pendidikan (Patel et al., 2018). Tahap analisis memungkinkan peneliti mengidentifikasi kebutuhan dan karakteristik peserta didik, tahap perancangan dan pengembangan memastikan produk sesuai dengan tujuan pembelajaran, sementara tahap implementasi dan evaluasi memungkinkan pengukuran efektivitas media. Pemilihan model ADDIE sejalan dengan praktik

pengembangan multimedia pendidikan berbasis penelitian yang menekankan validitas, kepraktisan, dan efektivitas.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa multimedia interaktif berbasis Android mampu meningkatkan hasil belajar fisika. Penelitian oleh Bahrudin dan Yogihati (2022) menemukan bahwa aplikasi fisika berbasis Android meningkatkan penguasaan konsep dan motivasi siswa pada materi suhu dan kalor. Penelitian lain oleh (Wibowo et al., 2016) menunjukkan bahwa multimedia animatif mampu menurunkan miskonsepsi termal dengan memberikan visualisasi fenomena mikroskopik yang tidak dapat diamati secara langsung. Temuan tersebut memperkuat urgensi pengembangan multimedia interaktif dalam pembelajaran fisika, khususnya materi suhu dan kalor.

Namun demikian, meski berbagai penelitian telah dilakukan, masih terdapat sejumlah ruang kosong yang perlu diisi. Pertama, tidak semua produk multimedia yang dikembangkan memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif secara bersamaan. Banyak aplikasi pembelajaran hanya berfokus pada tampilan visual tetapi kurang memperhatikan aspek pedagogis, sehingga kurang optimal dalam meningkatkan pemahaman konsep. Kedua, materi suhu dan kalor sering kali diajarkan menggunakan media yang minim

interaktivitas, sehingga siswa tidak mendapatkan pengalaman belajar yang kaya dan bermakna. Ketiga, integrasi Adobe Animate dengan perangkat Android sebagai media pembelajaran fisika masih relatif jarang dikembangkan, padahal aplikasi ini memiliki potensi besar dalam memvisualisasikan konsep-konsep termal secara menarik dan interaktif.

Pengembangan multimedia interaktif berbasis Android dengan Adobe Animate juga memiliki relevansi kuat terhadap Kurikulum Merdeka yang menekankan pada pembelajaran berpusat pada peserta didik, penggunaan teknologi digital, serta penguatan kompetensi berpikir kritis dan pemecahan masalah. Kurikulum Merdeka memberi ruang bagi guru untuk merancang pengalaman belajar yang inovatif dan adaptif sesuai kebutuhan siswa. Dalam konteks ini, multimedia interaktif dapat menjadi solusi konkret untuk menciptakan pembelajaran yang kontekstual, bermakna, dan terpersonalisasi.

Selain itu, perubahan karakteristik generasi peserta didik turut mendukung urgensi pengembangan media digital. Generasi Z dikenal sebagai digital natives yang akrab dengan berbagai aplikasi mobile, multimedia interaktif, serta lingkungan digital (Shtepura, 2022). Kesesuaian media dengan gaya belajar peserta didik menjadi faktor penting untuk

meningkatkan motivasi dan keterlibatan mereka selama proses pembelajaran. Penggunaan aplikasi berbasis Android memungkinkan siswa belajar kapan saja dan di mana saja, sehingga mendukung pembelajaran mandiri dan penguatan kompetensi secara berkelanjutan.

Di lingkungan sekolah SMAN 1 Campalagian, tantangan pembelajaran fisika juga berkaitan dengan keterbatasan media laboratorium dan kurangnya demonstrasi langsung terkait konsep termal. Kondisi ini menuntut solusi media alternatif yang mampu menjembatani teori dan praktik secara efektif. Multimedia interaktif berperan penting untuk mengisi kekosongan tersebut melalui simulasi eksperimen digital yang dapat dioperasikan langsung oleh siswa. Keberadaan fitur interaktif memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi variabel-variabel fisika, menguji hipotesis sederhana, serta mengamati hubungan antar konsep secara real-time.

Penelitian dan pengembangan media interaktif pada materi suhu dan kalor menjadi semakin penting jika dikaitkan dengan upaya peningkatan kualitas pembelajaran sains secara nasional. Laporan Programme for International Student Assessment (PISA) menunjukkan bahwa capaian literasi sains siswa Indonesia masih berada pada kategori

rendah. Salah satu penyebabnya adalah kurangnya penggunaan media pembelajaran inovatif yang dapat meningkatkan pemahaman konsep secara mendalam. Oleh karena itu, pengembangan multimedia interaktif berbasis Android merupakan upaya strategis untuk meningkatkan daya saing pendidikan Indonesia melalui pembelajaran fisika yang lebih menarik, efektif, dan berbasis teknologi.

Dengan mempertimbangkan berbagai permasalahan pembelajaran, kebutuhan peserta didik, tuntutan kurikulum, serta peluang pemanfaatan teknologi digital, pengembangan multimedia interaktif berbasis Android menggunakan Adobe Animate pada materi suhu dan kalor menjadi upaya yang relevan dan strategis untuk dilakukan. Melalui pendekatan penelitian dan pengembangan yang sistematis, media ini diharapkan tidak hanya memenuhi aspek validitas dan kepraktisan, tetapi juga memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik. Dengan demikian, penelitian ini penting untuk dilaksanakan sebagai kontribusi nyata dalam menyediakan media pembelajaran fisika yang inovatif, efektif, dan sesuai dengan karakteristik generasi pembelajar masa kini.

## **B. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian

dan pengembangan (Research and Development/R&D) yang bertujuan menghasilkan produk berupa multimedia interaktif berbasis Android menggunakan Adobe Animate pada materi suhu dan kalor. Model pengembangan yang digunakan adalah model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) yang dikembangkan oleh Branch (2009). Pemilihan model ADDIE didasarkan pada karakteristiknya yang sistematis, terstruktur, dan mudah diadaptasi untuk pengembangan media pembelajaran digital.

### **Prosedur Pengembangan**

Prosedur pengembangan multimedia interaktif dalam penelitian ini mengacu pada model ADDIE yang terdiri atas lima tahapan utama, yaitu analysis, design, development, implementation, dan evaluation. Model ADDIE dipilih karena bersifat sistematis, logis, dan relevan untuk pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi, serta memungkinkan evaluasi berkelanjutan pada setiap tahap sehingga produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang terjamin secara teoretis dan empiris.

Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan pembelajaran serta karakteristik peserta didik secara komprehensif. Analisis kurikulum dilakukan untuk menentukan kompetensi dasar dan indikator pencapaian kompetensi pada materi suhu dan kalor kelas XI SMA.

Selain itu, analisis karakteristik peserta didik dilakukan melalui observasi dan wawancara dengan guru fisika di SMAN 1 Campalagian guna memperoleh informasi terkait gaya belajar, kebiasaan penggunaan teknologi, serta kesulitan belajar peserta didik pada materi suhu dan kalor. Analisis juga mencakup ketersediaan sarana dan prasarana pembelajaran, khususnya kepemilikan smartphone Android oleh peserta didik, serta analisis media pembelajaran yang telah digunakan sebelumnya untuk mengidentifikasi kelemahan yang perlu diperbaiki.

Tahap perancangan bertujuan untuk menyusun rancangan multimedia interaktif yang akan dikembangkan secara sistematis. Pada tahap ini disusun storyboard yang memuat alur navigasi, tata letak konten, jenis interaktivitas, serta elemen multimedia yang digunakan, seperti teks, gambar, animasi, video, dan audio. Selain itu, dirancang antarmuka pengguna yang memperhatikan prinsip desain visual, kemudahan navigasi, dan kesesuaian dengan karakteristik peserta didik. Materi pembelajaran disusun secara terstruktur meliputi konsep suhu, skala suhu, kalor, perubahan wujud, kapasitas kalor, asas Black, serta perpindahan kalor melalui konduksi, konveksi, dan radiasi. Tahap ini juga mencakup perancangan simulasi interaktif untuk memvisualisasikan konsep-konsep termal yang bersifat abstrak, serta

penyusunan instrumen penelitian berupa lembar validasi ahli, angket respons guru dan peserta didik, serta tes hasil belajar.

Tahap pengembangan merupakan tahap realisasi desain menjadi produk multimedia interaktif yang dapat digunakan secara nyata. Multimedia interaktif dikembangkan menggunakan Adobe Animate CC dengan memanfaatkan fitur animasi dan ActionScript untuk mendukung interaktivitas, kemudian diekspor ke dalam format Android Package (APK). Seluruh elemen multimedia diintegrasikan sesuai dengan storyboard yang telah dirancang, sehingga menghasilkan tampilan dan alur pembelajaran yang konsisten. Simulasi interaktif dikembangkan untuk memungkinkan peserta didik memanipulasi variabel-variabel fisika dan mengamati hasilnya secara langsung. Produk yang telah dikembangkan selanjutnya divalidasi oleh ahli materi, ahli media, dan ahli desain pembelajaran untuk memastikan kelayakan isi, tampilan, dan fungsi, kemudian direvisi berdasarkan masukan dan saran dari para validator.

Tahap implementasi dilakukan melalui uji coba penggunaan multimedia interaktif dalam pembelajaran nyata. Uji coba terbatas dilaksanakan pada lima peserta didik untuk mengidentifikasi kesalahan teknis serta memastikan aplikasi dapat berjalan dengan baik pada berbagai

perangkat Android. Selanjutnya, uji coba lapangan dilakukan pada 31 peserta didik kelas XI 1 SMAN 1 Campalagian tahun ajaran 2024/2025. Pembelajaran menggunakan multimedia interaktif dilaksanakan selama empat kali pertemuan dengan durasi masing-masing  $2 \times 45$  menit. Untuk mengukur peningkatan hasil belajar, peserta didik diberikan pretest sebelum pembelajaran dan posttest setelah pembelajaran.

Tahap evaluasi bertujuan untuk menilai kualitas dan efektivitas multimedia interaktif yang dikembangkan. Evaluasi formatif dilakukan pada setiap tahapan pengembangan untuk memberikan umpan balik dan perbaikan produk secara berkelanjutan. Evaluasi sumatif dilakukan setelah tahap implementasi untuk menilai validitas, kepraktisan, dan efektivitas multimedia interaktif. Data yang diperoleh dari hasil validasi, angket respons guru dan peserta didik, serta tes hasil belajar dianalisis secara sistematis. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan laporan penelitian dan perumusan rekomendasi untuk pengembangan produk selanjutnya. Subjek Penelitian

### **Subjek Penelitian**

Subjek penelitian adalah peserta didik kelas XI SMAN 1 Campalagian tahun ajaran 2024/2025 yang berjumlah 31 orang, terdiri dari 13 peserta didik laki-laki dan 18

peserta didik perempuan. Pemilihan subjek penelitian dilakukan secara purposive sampling dengan pertimbangan bahwa kelas tersebut memiliki karakteristik heterogen dan semua peserta didik memiliki smartphone Android.

### **Instrumen Penelitian**

Instrumen penelitian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

#### **1. Lembar Validasi Ahli**

Lembar validasi digunakan untuk menilai kelayakan multimedia interaktif dari aspek kualitas teknis, kualitas konten, dan daya tarik. Validasi dilakukan oleh tiga orang ahli yang terdiri dari ahli materi fisika, ahli media pembelajaran, dan ahli desain pembelajaran. Setiap aspek dinilai menggunakan skala Likert 1-5.

#### **2. Angket Respons Guru**

Angket respons guru digunakan untuk menilai kepraktisan multimedia interaktif dari sudut pandang pendidik. Aspek yang dinilai meliputi isi dan materi, penyajian, bahasa, dan kegrafikan. Angket menggunakan skala Likert 1-5.

#### **3. Angket Respons Peserta Didik**

Angket respons peserta didik digunakan untuk menilai kepraktisan multimedia interaktif dari sudut pandang pengguna. Aspek yang dinilai meliputi kemenarikan, kemudahan pemahaman, dan motivasi belajar. Angket menggunakan skala Likert 1-5.

#### **4. Tes Hasil Belajar**

Tes hasil belajar berbentuk pilihan ganda dengan 20 soal yang mencakup indikator pencapaian kompetensi pada materi suhu dan kalor. Tes diberikan sebelum pembelajaran (pretest) dan setelah pembelajaran (posttest) untuk mengukur peningkatan hasil belajar peserta didik

Validitas multimedia interaktif dalam penelitian ini dianalisis menggunakan metode Aiken's  $V$  yang bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian dan kelayakan produk berdasarkan penilaian para ahli. Indeks validitas Aiken dihitung menggunakan rumus

$$V = \frac{\sum s}{n(c - 1)}$$

di mana  $V$  merupakan indeks validitas Aiken,  $s$  adalah selisih antara skor yang diberikan oleh validator dan skor terendah penilaian ( $lo$ ),  $n$  menunjukkan jumlah validator, serta  $c$  menyatakan jumlah kategori penilaian yang digunakan (Retnawati, 2016). Nilai Aiken's  $V$  yang diperoleh kemudian diinterpretasikan berdasarkan kriteria tertentu, yaitu nilai  $V$  lebih dari 0,80 dikategorikan sangat valid, nilai  $V$  lebih dari 0,60 hingga 0,80 dikategorikan valid, nilai  $V$  lebih dari 0,40 hingga 0,60 dikategorikan cukup valid, sedangkan nilai  $V$  kurang dari atau sama dengan 0,40 dikategorikan tidak valid. Kriteria ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan kelayakan multimedia

interaktif untuk dilanjutkan ke tahap implementasi atau dilakukan revisi lebih lanjut

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian mencakup temuan pokok dan temuan pendukung yang memiliki relevansi langsung dengan tujuan penelitian. Bagian hasil dan pembahasan disusun secara ringkas dan fokus, menghindari pengulangan data, rujukan yang tidak berkaitan, serta penggunaan diksi yang tidak esensial. Penelitian ini dikategorikan sebagai penelitian pengembangan (Research and Development) dengan mengadopsi model ADDIE sebagai kerangka kerja pengembangan desain instruksional. Model ADDIE mencakup lima tahapan sistematis meliputi Analysis (analisis), Design (perancangan), Development (pengembangan), Implementation (implementasi), dan Evaluation (evaluasi). Produk yang dihasilkan dari penelitian ini berupa media pembelajaran yang telah memenuhi kriteria validitas dan efektivitas. Bentuk konkret dari produk tersebut adalah aplikasi pembelajaran berbasis Android untuk materi kalor dan perpindahan kalor.

Validasi instrumen angket respons peserta didik terhadap media pembelajaran berbasis Android menghasilkan beberapa temuan penting. Pada aspek kemenarikan, diperoleh koefisien validitas sebesar 0,8. Aspek kemudahan pemahaman juga

menunjukkan koefisien validitas 0,8, demikian pula dengan aspek motivasi belajar yang memperoleh koefisien validitas 0,8. Analisis validitas dilakukan menggunakan formula Aiken's V dengan rentang koefisien berkisar antara 0 sampai 1, sehingga diperoleh rerata koefisien validitas sebesar 0,8 untuk seluruh aspek yang dinilai. Nilai koefisien 0,8 ini mengindikasikan bahwa instrumen angket respons peserta didik berada pada kategori "valid" dan layak digunakan dalam tahap uji coba pengembangan media pembelajaran materi kalor dan perpindahan kalor untuk meningkatkan capaian hasil belajar peserta didik kelas XI tingkat SMA.

Penilaian ahli terhadap media pembelajaran kalor dan perpindahan kalor menghasilkan beberapa temuan validitas. Aspek kualitas teknis memperoleh koefisien validitas sebesar 0,73, sementara aspek kualitas konten menunjukkan koefisien validitas 0,74, dan aspek daya tarik mencapai koefisien validitas 0,75.

Perhitungan validitas menggunakan analisis Aiken's V dengan rentang koefisien antara 0 hingga 1 menghasilkan rerata koefisien validitas sebesar 0,74 dari keseluruhan aspek yang dievaluasi. Koefisien validitas 0,74 menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan termasuk dalam kategori "valid" dan memenuhi kelayakan untuk diimplementasikan dalam uji coba

pembelajaran materi kalor dan perpindahan kalor guna meningkatkan hasil belajar peserta didik kelas XI tingkat SMA.

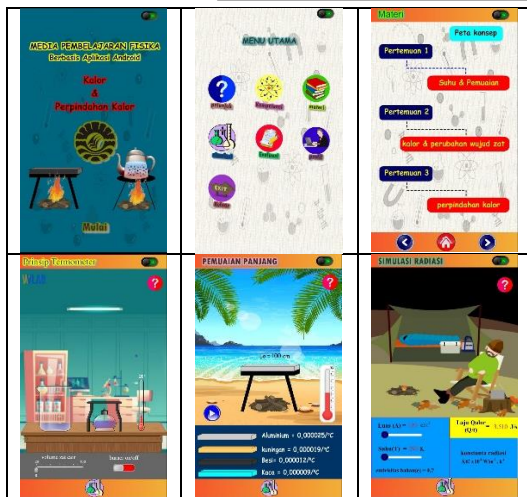
Validasi instrumen angket respons guru terhadap media pembelajaran berbasis Android menghasilkan temuan sebagai berikut. Aspek isi dan materi memperoleh koefisien validitas 0,8, aspek penyajian menunjukkan koefisien validitas 0,7, aspek bahasa mencapai koefisien validitas 0,8, dan aspek kegrafikan memperoleh koefisien validitas 0,8. Analisis validitas dilakukan menggunakan formula Aiken's V dengan rentang koefisien berkisar antara 0 sampai 1, sehingga diperoleh rerata koefisien validitas sebesar 0,8 untuk seluruh aspek yang dinilai. Nilai koefisien 0,8 ini mengindikasikan bahwa instrumen angket respons guru berada pada kategori "valid" dan layak digunakan dalam tahap uji coba pengembangan media pembelajaran materi kalor dan perpindahan kalor untuk meningkatkan capaian hasil belajar peserta didik kelas XI MIPA tingkat SMA.

Kemampuan awal peserta didik terkait materi kalor dan perpindahan kalor menunjukkan kondisi yang belum optimal. Hasil pretest mengungkapkan bahwa hanya 2 peserta didik (6,5%) berada pada rentang nilai 40-55 dengan kategori kurang, sementara 29 peserta didik (93,5%) memperoleh nilai di bawah 40 dengan kategori sangat kurang. Seluruh peserta didik belum mencapai nilai Kriteria

Ketuntasan Minimal (KKM) pada tahap pretest. Setelah implementasi media pembelajaran, hasil posttest menunjukkan perubahan signifikan. Sebanyak 11 peserta didik (35,5%) berada pada rentang nilai 76-100 dengan kategori tinggi, 20 peserta didik (64,5%) memperoleh rentang nilai 56-75 dengan kategori sedang, dan tidak terdapat peserta didik yang berada pada kategori kurang maupun sangat kurang. Ditinjau dari aspek ketuntasan belajar dengan KKM 75, terdapat 25 peserta didik (80,6%) yang mencapai KKM dan 6 peserta didik (19,4%) yang belum mencapai KKM.

Produk penelitian pengembangan ini berupa media pembelajaran fisika dalam bentuk aplikasi Android yang dapat diinstal pada perangkat smartphone dan dimanfaatkan sebagai sumber belajar mandiri. Tujuan pengembangan media ini adalah meningkatkan pemahaman konseptual, motivasi, dan minat belajar peserta didik, serta memfasilitasi pembelajaran mandiri sesuai dengan kemampuan individual masing-masing peserta didik. Untuk memastikan kelayakan media pembelajaran kalor dan perpindahan kalor, telah dilakukan proses validasi oleh tiga orang pakar yang masing-masing memiliki keahlian di bidang pendidikan fisika, evaluasi pendidikan, dan fisika.

**Gambar 1.** Tampilan Media Pembelajaran



Sumber: Hasil Pengembangan  
Data hasil validasi selanjutnya

dianalisis menggunakan metode uji validitas Aiken's V untuk menentukan tingkat validitas media pembelajaran yang dikembangkan. Penilaian validitas media pembelajaran dilakukan pada media pembelajaran kalor dan perpindahan kalor, Instrumen hasil belajar, Kuesioner respon peserta didik dan Kuesioner respon pendidik. Pada penilaian validitas media pembelajaran kalor dan perpindahan kalor ini terbagi menjadi 3 aspek penilaian, yakni aspek kualitas teknis, kualitas isi/konten dan daya tarik. Yang dimana setiap validator memiliki peranan yang berbeda dalam memberikan penilaian.

Aspek kualitas teknis memperoleh penilaian sangat baik dari ketiga validator untuk seluruh butir pernyataan yang dievaluasi. Temuan ini menunjukkan bahwa media pembelajaran fisika yang dikembangkan telah memenuhi kriteria valid dari dimensi kualitas teknis, sebagaimana tercermin dari respons positif peserta didik yang menunjukkan kepuasan

terhadap tampilan visual dan kemudahan pengoperasian media pembelajaran kalor dan perpindahan kalor.

Media pembelajaran fisika untuk materi kalor dan perpindahan kalor dilengkapi dengan konten materi dan simulasi kalor yang keseluruhannya telah memenuhi standar yang ditetapkan. Penyusunan materi dirancang untuk memfasilitasi peserta didik dalam merangkum inti pembelajaran secara efektif, sementara uji kompetensi disediakan untuk mengukur tingkat pemahaman peserta didik pasca pembelajaran. Konten materi yang dimuat dalam media pembelajaran ini diselaraskan dengan Kurikulum Merdeka dan mencakup capaian pembelajaran serta tujuan pembelajaran yang relevan. Pada bagian akhir materi, tersedia kunci jawaban untuk uji kompetensi beserta contoh soal sebagai referensi bagi peserta didik untuk melakukan pembelajaran ulang.

Aspek kualitas konten dan daya tarik memperoleh penilaian valid dari ketiga validator. Kategori valid ini mengindikasikan bahwa konten media menggunakan bahasa yang tepat, mudah dipahami, komunikatif, dan lugas. Penggunaan terminologi dan simbol fisika juga telah sesuai dengan kaidah ilmiah, disertai dengan struktur kalimat yang jelas, sederhana, dan tidak ambigu. Dari dimensi kegrafikan, gambar, video, dan simulasi

yang ditampilkan telah memadai dan relevan dengan substansi materi. Penilaian komprehensif ini menempatkan media pembelajaran pada kategori sangat baik, yang menunjukkan bahwa media pembelajaran fisika materi kalor dan perpindahan kalor telah memenuhi kriteria valid dari kedua aspek tersebut. Validitas ini diperkuat oleh respons peserta didik yang menunjukkan ketertarikan tinggi dalam menggunakan media pembelajaran ini.

Pengukuran hasil belajar peserta didik dilakukan melalui pemberian tes pretest dan posttest. Instrumen tes diberikan sebelum dan sesudah implementasi media pembelajaran fisika materi kalor dan perpindahan kalor. Instrumen tes terdiri dari 20 butir soal yang disesuaikan dengan indikator hasil belajar yang telah ditetapkan. Efektivitas media diukur berdasarkan ketercapaian skor hasil belajar peserta didik serta persentase gain antara pretest dan posttest. Implementasi media pembelajaran dilakukan dengan mengintegrasikan media dalam proses pembelajaran. Data hasil tes selanjutnya dianalisis untuk mengetahui tingkat ketercapaian hasil belajar peserta didik.

Hasil pretest sebelum implementasi media pembelajaran menunjukkan capaian yang rendah, dengan seluruh peserta didik (31 orang) belum mencapai KKM. Namun, hasil posttest setelah implementasi media menunjukkan peningkatan yang

menggembarakan. Sebanyak 64% peserta didik berada pada kategori sedang, 36% peserta didik berada pada kategori tinggi, dan tidak terdapat peserta didik yang berada pada kategori kurang maupun sangat kurang. Ditinjau dari pencapaian KKM, sebanyak 80,6% peserta didik berhasil mencapai nilai KKM.

Capaian ini diperoleh dari hasil pembelajaran yang telah mengintegrasikan media pembelajaran fisika materi kalor dan perpindahan kalor. Berdasarkan temuan tersebut, media pembelajaran yang dikembangkan dapat dinyatakan efektif. Analisis N-gain Score menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar peserta didik berada pada kategori sedang dengan tingkat efektivitas yang memadai. Berdasarkan hasil evaluasi pembelajaran setelah penggunaan media, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan efektif untuk diimplementasikan dalam pembelajaran fisika.

## **Pembahasan**

### **Validitas Multimedia Interaktif**

Hasil validasi menunjukkan bahwa multimedia interaktif berbasis Android yang dikembangkan memenuhi kriteria valid dengan nilai rata-rata Aiken's V sebesar 0,74. Nilai ini mengindikasikan bahwa produk telah memenuhi standar kelayakan dari aspek kualitas teknis, kualitas konten, dan daya tarik. Validitas ini menjadi fondasi penting sebelum produk diimplementasikan dalam pembelajaran, karena media yang tidak valid berpotensi menimbulkan miskonsepsi dan menghambat pencapaian tujuan pembelajaran.

Dari aspek kualitas teknis, multimedia interaktif yang dikembangkan menggunakan Adobe Animate terbukti dapat berjalan dengan baik pada berbagai perangkat Android. Adobe Animate dipilih sebagai software pengembangan karena memiliki keunggulan dalam membuat animasi yang halus, mendukung interaktivitas melalui ActionScript, dan dapat diekspor langsung ke format APK yang kompatibel dengan perangkat Android (Lestari et al., 2023). Kemampuan Adobe Animate dalam mengintegrasikan berbagai elemen multimedia seperti teks, gambar, audio, video, dan animasi dalam satu platform mempermudah pengembang dalam menciptakan media pembelajaran yang komprehensif.

Dari aspek kualitas konten, multimedia interaktif menyajikan materi suhu dan kalor secara sistematis mulai dari konsep suhu, skala suhu, kalor, perubahan wujud, kapasitas kalor, azas Black, hingga perpindahan kalor. Penyajian materi didasarkan pada prinsip Cognitive Theory of Multimedia Learning dari (Mayer, 2024) yang menekankan bahwa pembelajaran akan lebih efektif jika informasi disajikan melalui kombinasi saluran verbal dan visual. Dalam multimedia yang dikembangkan, konsep-konsep abstrak seperti perpindahan kalor secara konduksi, konveksi, dan radiasi divisualisasikan melalui animasi yang membantu peserta

didik membangun representasi mental yang lebih akurat.

Simulasi interaktif yang disediakan dalam multimedia memungkinkan peserta didik untuk memanipulasi variabel-variabel fisika seperti suhu, massa, dan jenis bahan, kemudian mengamati dampaknya terhadap fenomena termal. Hal ini sejalan dengan pendekatan pembelajaran konstruktivis yang menekankan bahwa peserta didik membangun pengetahuan melalui pengalaman langsung dan eksplorasi. Melalui simulasi, peserta didik dapat melakukan "eksperimen virtual" yang membantu mereka memahami hubungan antar konsep tanpa memerlukan peralatan laboratorium yang mahal.

Dari aspek daya tarik, multimedia interaktif dirancang dengan mempertimbangkan prinsip desain visual yang baik, termasuk penggunaan warna yang harmonis, tata letak yang tidak membingungkan, tipografi yang mudah dibaca, dan navigasi yang intuitif. Penggunaan animasi dan efek transisi yang menarik membantu mempertahankan perhatian peserta didik selama proses pembelajaran. Hal ini penting mengingat karakteristik generasi Z sebagai digital natives yang terbiasa dengan konten visual yang dinamis dan interaktif (Mansur & Ridwan, 2022).

### **Kepraktisan Multimedia Interaktif**

Hasil uji kepraktisan menunjukkan bahwa multimedia interaktif mendapatkan respons sangat baik dari guru dan peserta didik. Kepraktisan media pembelajaran merujuk pada kemudahan penggunaan dalam setting pembelajaran nyata, baik dari perspektif pendidik maupun peserta didik. Media yang praktis harus memiliki antarmuka yang sederhana, petunjuk penggunaan yang jelas, navigasi yang mudah dipahami, serta kompatibilitas yang baik dengan perangkat yang tersedia.

Respons guru yang sangat positif menunjukkan bahwa multimedia interaktif dapat diintegrasikan dengan mudah dalam proses pembelajaran di kelas. Guru tidak memerlukan pelatihan khusus untuk mengoperasikan aplikasi, dan multimedia dapat digunakan secara fleksibel baik untuk pembelajaran klasikal maupun pembelajaran mandiri. Kemudahan instalasi aplikasi melalui file APK yang dapat dibagikan langsung kepada peserta didik juga menjadi nilai tambah, karena tidak memerlukan koneksi internet untuk mengunduh dari Google Play Store.

Respons peserta didik yang dominan pada kategori sangat baik menunjukkan bahwa multimedia interaktif sesuai dengan preferensi dan gaya belajar mereka. Peserta didik generasi Z memiliki karakteristik unik yaitu terbiasa dengan teknologi digital, menyukai pembelajaran visual dan interaktif, serta memiliki rentang perhatian

yang relatif pendek (Alruthaya et al., 2021). Multimedia interaktif berbasis Android yang dapat diakses melalui smartphone pribadi mereka memberikan pengalaman belajar yang personal, fleksibel, dan menyenangkan.

Aspek mobilitas menjadi keunggulan utama multimedia berbasis Android. Peserta didik dapat belajar kapan saja dan di mana saja tanpa terikat pada lokasi dan waktu tertentu. Hal ini mendukung pendekatan mobile learning yang menekankan pada fleksibilitas dan aksesibilitas pembelajaran (El-Sofany & El-Haggag, 2020). Peserta didik dapat memanfaatkan waktu luang mereka untuk mengulang materi, mencoba simulasi, atau mengerjakan latihan soal melalui smartphone mereka.

Fitur interaktif dalam multimedia juga meningkatkan engagement peserta didik selama pembelajaran. Berbeda dengan media statis seperti buku teks atau PowerPoint, multimedia interaktif memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk berinteraksi langsung dengan konten pembelajaran. Mereka dapat mengklik tombol, menggeser slider, memutar animasi, dan melihat hasil dari manipulasi variabel secara langsung. Interaktivitas ini tidak hanya membuat pembelajaran lebih menarik, tetapi juga meningkatkan retensi informasi karena peserta didik terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran (Lin & Yu, 2023)

## Efektivitas Multimedia Interaktif

Hasil uji efektivitas menunjukkan bahwa penggunaan multimedia interaktif berbasis Android mampu meningkatkan hasil belajar peserta didik dengan N-gain rata-rata 0,67 yang berada pada kategori sedang. Meskipun tidak mencapai kategori tinggi, peningkatan ini tetap signifikan mengingat kondisi awal peserta didik yang sangat rendah. Efektivitas media pembelajaran dapat diukur melalui berbagai indikator, namun peningkatan hasil belajar menjadi indikator yang paling objektif dan terukur (Westphale et al., 2021)

Peningkatan hasil belajar yang signifikan dari nilai rata-rata 28,7 pada pretest menjadi 76,8 pada posttest menunjukkan bahwa multimedia interaktif berhasil memfasilitasi perubahan konseptual pada diri peserta didik. Perubahan konseptual (conceptual change) merupakan proses kompleks di mana peserta didik merevisi atau mengganti konsepsi awal mereka yang keliru dengan konsepsi ilmiah yang benar (Nadelson et al., 2018). Dalam konteks materi suhu dan kalor, peserta didik sering memiliki miskonsepsi seperti menganggap suhu dan kalor adalah hal yang sama, atau berpikir bahwa benda yang terasa lebih dingin memiliki suhu yang lebih rendah.

Multimedia interaktif membantu mengatasi miskonsepsi tersebut melalui visualisasi yang jelas dan simulasi yang

memungkinkan peserta didik mengamati fenomena fisika secara langsung. Misalnya, dalam simulasi perpindahan kalor, peserta didik dapat melihat bagaimana kalor berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah hingga tercapai kesetimbangan termal. Animasi mikroskopik yang menunjukkan pergerakan partikel saat terjadi perpindahan energi membantu peserta didik memahami konsep yang tidak dapat diamati dengan mata telanjang.

Tingkat efektivitas yang berada pada kategori sedang dapat dijelaskan oleh beberapa faktor. Pertama, durasi pembelajaran yang relatif singkat (empat kali pertemuan) mungkin belum cukup untuk semua peserta didik mencapai pemahaman konseptual yang mendalam. Materi suhu dan kalor merupakan materi yang kompleks dan memerlukan waktu yang cukup untuk peserta didik mengonstruksi pemahamannya. Kedua, meskipun multimedia interaktif menyediakan berbagai fitur pembelajaran, efektivitasnya tetap bergantung pada bagaimana peserta didik memanfaatkannya. Peserta didik yang aktif mengeksplorasi simulasi, mencoba berbagai variasi parameter, dan mengerjakan latihan soal cenderung mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan mereka yang hanya pasif melihat animasi tanpa melakukan eksplorasi.

Ketiga, faktor karakteristik individual peserta didik juga mempengaruhi efektivitas multimedia. Peserta didik dengan gaya belajar visual-kinestetik cenderung lebih diuntungkan oleh multimedia interaktif karena sesuai dengan preferensi belajar mereka. Sementara peserta didik dengan gaya belajar auditori mungkin memerlukan dukungan tambahan berupa penjelasan verbal yang lebih detail. Keempat, kemampuan awal peserta didik yang sangat rendah (rata-rata pretest 28,7) menunjukkan adanya kesenjangan pengetahuan yang cukup besar yang harus diatasi. Peserta didik dengan kemampuan awal yang sangat rendah memerlukan waktu dan upaya yang lebih besar untuk mencapai pemahaman konseptual yang

#### **D. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa multimedia interaktif berbasis Android menggunakan Adobe Animate pada materi suhu dan kalor yang dikembangkan melalui model ADDIE telah memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Validitas media pembelajaran ditunjukkan oleh nilai rata-rata Aiken's V sebesar 0,74 yang mencakup aspek kualitas teknis (0,73), kualitas konten (0,74), dan daya tarik (0,75). Kepraktisan multimedia terbukti dari respons guru yang berada pada kategori sangat baik dan respons peserta didik dengan persentase 83,9% pada

kategori sangat baik, menunjukkan bahwa multimedia mudah dioperasikan dan dapat diintegrasikan dengan baik dalam pembelajaran. Efektivitas multimedia terbukti dari peningkatan hasil belajar peserta didik dengan nilai N-gain rata-rata 0,67 (kategori sedang), peningkatan nilai rata-rata dari pretest 28,7 menjadi posttest 76,8, dan tingkat ketuntasan 80,6% peserta didik mencapai KKM.

Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa multimedia interaktif berbasis Android dapat menjadi solusi alternatif bagi sekolah yang memiliki keterbatasan fasilitas laboratorium fisika. Media pembelajaran digital ini memungkinkan peserta didik melakukan eksplorasi konsep dan simulasi percobaan secara mandiri tanpa terikat waktu dan tempat, serta mendukung implementasi pembelajaran berpusat pada peserta didik sesuai tuntutan Kurikulum Merdeka. Dari perspektif kebijakan pendidikan, hasil penelitian memberikan rekomendasi penting terkait pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran sains, di mana pemerintah dan pemangku kepentingan perlu mendorong pengembangan media pembelajaran digital berkualitas, menyediakan dukungan infrastruktur teknologi, dan memberikan pelatihan guru dalam mengembangkan media digital.

Meskipun penelitian menunjukkan hasil positif, terdapat keterbatasan yang

perlu dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut, antara lain cakupan penelitian yang terbatas pada satu sekolah, multimedia yang baru mencakup materi suhu dan kalor, dan pengukuran efektivitas yang hanya fokus pada aspek kognitif. Berdasarkan temuan tersebut, beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya meliputi penambahan fitur penilaian adaptif dengan feedback instan, integrasi elemen gamifikasi untuk meningkatkan motivasi, penambahan fitur kolaborasi dan diskusi, pengembangan versi cross-platform untuk memperluas aksesibilitas, serta penelitian lanjutan untuk mengukur retensi jangka panjang dan transfer pengetahuan peserta didik. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam penyediaan media pembelajaran fisika yang inovatif dan mendukung upaya peningkatan mutu pendidikan Indonesia di era digital.

## E. REFERENSI

- Akraman, R., Candiwan, C., & Priyadi, Y. (2018). Pengukuran Kesadaran Keamanan Informasi Dan Privasi Pada Pengguna Smartphone Android Di Indonesia. *JURNAL SISTEM INFORMASI BISNIS*. <https://doi.org/10.21456/vol8iss2pp115-122>
- Alruthaya, A., Nguyen, T., & Lokuge, S. (2021). The Application of Digital Technology and the Learning Characteristics of Generation Z in Higher Education.
- Anmarkrud, Ø., Andresen, A., & Bråten, I. (2019). Cognitive Load and Working Memory in Multimedia Learning: Conceptual and Measurement Issues. *Educational Psychologist*, 54, 61–83. <https://doi.org/10.1080/00461520.2018.1554484>
- Armansyah, F., Sulton, & Sulthoni. (2019). MULTIMEDIA Interaktif sebagai media visualisasi dasar-dasar animasi. *Jktp: Jurnal Kajian Teknologi Pendidikan*, 2(3), 224–229. <https://dx.doi.org/10.17977/um038v2i32019p224>
- Bahrudin, A. D., & Yogihati, C. I. (2022). Development of Interactive Learning Media as an Alternative to Improve Students' Conceptual Understanding and Motivation on the Temperature and Heat Topics. *International Journal of Education and Teaching Zone*. <https://doi.org/10.57092/ijetz.v1i2.37>
- Banda, H. J., & Nzabahimana, J. (2022). The Impact of Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulation-Based Learning on Motivation and Academic Achievement Among Malawian Physics Students. *Journal of Science Education and Technology*, 32, 127–141. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-10010-3>
- El-Sofany, H., & El-Haggag, N. (2020). The Effectiveness of Using Mobile Learning Techniques to Improve Learning Outcomes in Higher Education. *Int. J. Interact. Mob. Technol.*, 14, 4–18. <https://doi.org/10.3991/ijim.v14i08.13125>
- Lestari, T., Handayani, B. S., & Suyantri, E. (2023). Validasi Media Pembelajaran Biologi Menggunakan Adobe Animate pada Materi Keanekaragaman Hayati untuk Siswa SMA. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i1.8070>
- Lin, Y., & Yu, Z. (2023). A meta-analysis of the effects of augmented reality technologies in interactive learning environments (2012–2022). *Computer*

- Applications in Engineering Education*, 31, 1111–1131.  
<https://doi.org/10.1002/cae.22628>
- Mansur, A., & Ridwan, R. (2022). Karakteristik Siswa Generasi Z dan Kebutuhan Akan Pengembangan Bidang Bimbingan dan Konseling. *Educatio*.  
<https://doi.org/10.29408/edc.v17i1.5922>
- Mayer, R. (2024). The Past, Present, and Future of the Cognitive Theory of Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 36.  
<https://doi.org/10.1007/s10648-023-09842-1>
- Nadelson, L., Heddy, B., Jones, S., Taasobshirazi, G., & Johnson, M. (2018). Conceptual Change in Science Teaching and Learning: Introducing the Dynamic Model of Conceptual Change. *International Journal of Educational Psychology*.  
<https://doi.org/10.17583/ijep.2018.3349>
- Patel, S., Margolies, P., Covell, N., Lipscomb, C., & Dixon, L. (2018). Using Instructional Design, Analyze, Design, Develop, Implement, and Evaluate, to Develop e-Learning Modules to Disseminate Supported Employment for Community Behavioral Health Treatment Programs in New York State. *Frontiers in Public Health*, 6.  
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00113>
- Retnawati, H. (2016). Proving content validity of self-regulated learning scale (The comparison of Aiken index and expanded Gregory index). *Research and Evaluation in Education*, 2, 155–164.  
<https://doi.org/10.21831/reid.v2i2.11029>
- Shtepura, A. (2022). Main Characteristics And Stereotypes Of Generation Z: Analysis Of Foreign Experience. *Comparative Professional Pedagogy*.  
[https://doi.org/10.31891/2308-4081/2022-12\(1\)-9](https://doi.org/10.31891/2308-4081/2022-12(1)-9)
- Sophonhiranrak, S. (2021). Features, barriers, and influencing factors of mobile learning in higher education: A systematic review. *Heliyon*, 7.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06696>
- Suherman, A., Komaro, M., & Ana, A. (2022). e-book Multimedia Animation Implementation on Concept Mastery and Problem-Solving Skills of Crystal Structure Subjects in Engineering Materials Course. *Indonesian Journal of Science and Technology*.  
<https://doi.org/10.17509/ijost.v8i2.55320>
- Watrianthos, R., Handayani, R., Hasibuan, R., Ambiyar, A., & Refdinal, R. (2022). Students' Perceptions of Android-Based Interactive Multimedia in Learning Biology. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*.  
<https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i4.3044>
- Westphale, S., Backhaus, J., & König, S. (2021). Quantifying teaching quality in medical education: The impact of learning gain calculation. *Medical Education*, 56, 312–320.  
<https://doi.org/10.1111/medu.14694>
- Wibowo, F., Suhandi, A., Rusdiana, D., Ruhayat, Y., & Darman, D. (2016). *Microscopic Virtual Media (MVM) in Physics Learning to Build a Scientific Conception and Reduce Misconceptions: A Case Study on Students' Understanding of the Thermal Expansion of Solids*. 239–244. <https://doi.org/10.2991/icieve-15.2016.52>