



## ANALISIS KARAKTERISTIK MEDIA PEMBELAJARAN DIGITAL MELALUI PERSPEKTIF PRINSIP MULTIMEDIA MAYER DAN *COGNITIVE LOAD THEORY*

Aselia Nur Lailli , Ekfina Qanita Fesyia Birzah , Yulianingsih, Malikal Bilqis,  
Kamelia Azhar, Hesti Kusumaningrum

<sup>1-6</sup> Program Studi S1 Manajemen Pendidikan, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan,  
UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, Jl. Ir. H. Djuanda No. 95, Ciputat, Kota Tangerang  
Selatan, Banten 15412

\*Penulis Korespondensi: [aselianur26@gmail.com](mailto:aselianur26@gmail.com), [ekfinaqanita@gmail.com](mailto:ekfinaqanita@gmail.com), [ynl177811@gmail.com](mailto:ynl177811@gmail.com),  
[malikalbilqis6@gmail.com](mailto:malikalbilqis6@gmail.com), [kameliazhar287@gmail.com](mailto:kameliazhar287@gmail.com), [hesti.kusumaningrum@uinjkt.ac.id](mailto:hesti.kusumaningrum@uinjkt.ac.id)

**Abstract.** *The development of digital technology has encouraged the utilization of various digital learning media in the educational process. However, not all learning media are designed based on cognitive principles that can optimally support students' understanding. Therefore, this study aims to analyze the characteristics of digital learning media from the perspective of Mayer's Multimedia Principles and Cognitive Load Theory. This study employs a qualitative method with a literature study approach through the analysis of various scientific sources related to digital learning media, multimedia principles, and cognitive load theory. The results of the study indicate that effective digital learning media possess several main characteristics, including the integration of relevant text and visuals, the presentation of information in a systematic and structured manner, and the reduction of irrelevant elements to minimize students' cognitive load. Furthermore, the application of cognitive load management principles helps students process, store, and understand information more efficiently. Thus, the application of Mayer's Multimedia Principles and Cognitive Load Theory becomes an important foundation in designing effective digital learning media to improve the quality and effectiveness of the learning process.*

**Keywords:** *digital learning media, Mayer's multimedia principles, Cognitive Load Theory, cognitive load, instructional design*

**Abstrak.** Perkembangan teknologi digital telah mendorong pemanfaatan berbagai media pembelajaran digital dalam proses pendidikan. Namun, tidak semua media pembelajaran dirancang berdasarkan prinsip kognitif yang mampu mendukung pemahaman peserta didik secara optimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik media pembelajaran digital berdasarkan perspektif prinsip multimedia Mayer dan *Cognitive Load Theory*. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan studi literatur melalui analisis berbagai sumber ilmiah yang relevan mengenai media pembelajaran digital, prinsip multimedia, dan teori beban kognitif. Hasil kajian menunjukkan bahwa media pembelajaran digital yang efektif memiliki beberapa karakteristik utama, yaitu integrasi teks dan visual yang saling mendukung, penyajian informasi secara sistematis dan terstruktur, serta pengurangan elemen yang tidak relevan untuk meminimalkan beban kognitif peserta didik. Selain itu, penerapan prinsip pengelolaan beban kognitif dapat membantu peserta didik dalam memproses, menyimpan, dan memahami informasi secara lebih efisien. Dengan demikian, penerapan prinsip multimedia Mayer dan *Cognitive Load Theory* menjadi landasan penting dalam perancangan media pembelajaran digital yang efektif untuk meningkatkan kualitas dan efektivitas proses pembelajaran.

**Kata kunci:** media pembelajaran digital, prinsip multimedia Mayer, *Cognitive Load Theory*, beban kognitif, desain pembelajaran.

### 1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah membawa perubahan besar dalam dunia pendidikan, terutama melalui hadirnya media pembelajaran digital yang mengintegrasikan teks, gambar, audio, video, serta animasi untuk menyajikan materi secara lebih interaktif dan menarik. Karena itu, kajian mengenai media

pembelajaran digital menjadi penting karena penggunaan multimedia diyakini mampu meningkatkan efektivitas belajar dengan mengoptimalkan cara kerja kognitif manusia, sesuai dengan *Cognitive Theory of Multimedia Learning* yang diperkuat oleh studi eksperimental Mayer. Namun, tidak semua media dirancang dengan prinsip kognitif yang tepat, jika penyajian informasi terlalu kompleks atau tidak terstruktur, media tersebut dapat membebani kapasitas memori kerja siswa yang terbatas sehingga menghambat proses pemahaman. Kondisi ini semakin relevan pada era pasca-pandemi, ketika pembelajaran daring menjadi bagian dari norma baru dalam sistem pendidikan Indonesia

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan efektivitas prinsip multimedia Mayer dalam mengurangi beban kognitif, seperti analisis oleh (Rahayu et al., 2024) di SD Muhammadiyah Plus Salatiga yang menemukan sepuluh prinsip Mayer (*contiguity, coherence, redundancy, hingga interactivity*) yang efektif mengurangi beban kognitif pada pembelajaran matematika, tetapi kurang mendalami karakteristik umum media digital secara teoritis lintas mata pelajaran. Selain itu, studi Sweller tentang *Cognitive Load Theory* (CLT) juga mengungkapkan tiga jenis beban yaitu beban intrinsik materi kompleks, beban ekstrinsik dari desain buruk, dan beban germane untuk pembelajaran mendalam yang sering tidak dianalisis secara terintegrasi dengan prinsip Mayer di media digital Indonesia, sehingga siswa mengalami penurunan retensi informasi maupun teknologi tersedia luas (Haoxing & System, 2017). Gap ini semakin spesifik dalam konteks pendidikan tinggi Indonesia, di mana media digital seperti *platform LMS (Learning Management System)* atau aplikasi pembelajaran sering kali dirancang tanpa mempertimbangkan keterbatasan saluran ganda (mata dan telinga) yang menyebabkan penurunan retensi informasi meski teknologi melimpah.

Kajian literatur Mayer menjelaskan bahwa manusia memproses kata dan gambar melalui dua saluran yang berbeda, yaitu saluran visual/pictorial untuk informasi bergambar dan saluran auditori/verbal untuk informasi berbasis suara. Pemanfaatan kedua saluran secara bersamaan memungkinkan proses belajar berlangsung lebih efektif karena dapat mengurangi beban pada memori kerja serta meningkatkan transfer pengetahuan. Di sisi lain, *Cognitive Load Theory* yang dikembangkan oleh Sweller menguraikan bahwa beban kognitif terdiri atas tiga jenis, yaitu beban intrinsik yang berkaitan dengan kompleksitas materi, beban ekstrinsik yang muncul akibat desain pembelajaran yang kurang tepat (misalnya teks pada layar yang redundan dengan narasi audio), serta beban germane yang berperan dalam pembentukan skema pengetahuan jangka panjang.

Dalam konteks media pembelajaran digital, desain yang ideal seharusnya mampu meminimalkan beban ekstrinsik dengan menerapkan prinsip-prinsip multimedia Mayer, seperti *spatial contiguity* (penempatan teks dan gambar yang berdekatan secara spasial) dan *temporal contiguity* (kesesuaian waktu antara narasi dan tampilan visual). Dengan demikian, siswa dapat mengalokasikan sumber daya kognitifnya untuk membangun pemahaman yang lebih mendalam (Mayer, 2002). Namun, integrasi antara pendekatan Mayer dan Sweller masih relatif minim dieksplorasi dalam kajian teoritis lintas mata pelajaran di Indonesia. Literatur yang ada cenderung membahas prinsip-prinsip tersebut secara terpisah tanpa menghadirkan sintesis yang lebih holistik dalam kerangka *cognitive load*.

Oleh karena itu, kebaruan analisis ini terletak pada upaya pemetaan komprehensif karakteristik media pembelajaran digital melalui pendekatan integratif antara Prinsip Multimedia Mayer dan *Cognitive Load Theory*. Kajian ini berupaya mengisi celah penelitian dengan menganalisis bagaimana prinsip-prinsip seperti *signaling* (pemberian

penanda pada elemen penting) dan *personalization* (penggunaan bahasa yang lebih komunikatif) dapat membantu mengurangi *extraneous load*, khususnya pada media pembelajaran digital yang bersifat konseptual dan non-empiris. Melalui pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa kerangka panduan desain instruksional yang lebih sistematis bagi pengembangan media pembelajaran, terutama dalam konteks pendidikan Indonesia, di mana kajian sebelumnya umumnya hanya menguraikan prinsip-prinsip tersebut secara parsial tanpa sintesis mendalam mengenai beban kognitif secara menyeluruh.

Berdasarkan gap tersebut, permasalahan utama dalam penelitian ini adalah kurangnya analisis integratif yang memetakan karakteristik media pembelajaran digital secara komprehensif melalui sintesis Prinsip Multimedia Mayer dan *Cognitive Load Theory*, khususnya dalam konteks pendidikan tinggi di Indonesia. Padahal, penggunaan platform LMS dan aplikasi pembelajaran digital semakin luas, namun dalam praktiknya masih banyak yang dirancang tanpa mempertimbangkan keterbatasan pemrosesan saluran ganda (visual-auditori). Kondisi ini berpotensi memunculkan beban kognitif ekstrinsik yang berlebihan sehingga berdampak pada menurunnya retensi informasi dan efektivitas pembelajaran, meskipun dukungan teknologi tersedia secara memadai.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik media pembelajaran digital melalui perspektif Prinsip Multimedia Mayer dan *Cognitive Load Theory*, sehingga dapat menyediakan landasan teoritis bagi pengembangan desain instruksional yang lebih efektif dan mampu mengoptimalkan proses belajar mahasiswa di era digital.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan penelitian kualitatif dengan pendekatan studi literatur yang dilakukan pada bulan Maret 2026 di Bojongsari, Indonesia. Target penelitian ini adalah menganalisis karakteristik media pembelajaran digital melalui perspektif Prinsip Multimedia Mayer dan *Cognitive Load Theory* tanpa pengumpulan data primer dari lapangan. Subjek penelitian terdiri dari berbagai sumber ilmiah relevan berupa buku teori utama dan artikel jurnal yang membahas media pembelajaran digital, prinsip Multimedia Mayer, serta beban kognitif.

Prosedur penelitian dilakukan melalui tiga tahap utama: yang pertama identifikasi sumber dengan kata kunci “media pembelajaran digital” dan “prinsip multimedia Mayer” atau “*cognitive load theory*”, yang kedua screening awal berdasarkan judul dan abstrak untuk relevansi, dan yang ketiga sintesis analisis integratif. Jenis data yang digunakan adalah data kualitatif sekunder berupa deskripsi teori, serta temuan gap penelitian dari literatur yang relevan dengan permasalahan desain tidak optimal dan tujuan analisis karakteristik.

Teknik analisis data menggunakan analisis konten kualitatif dengan beberapa tahapan yang pertama reduksi data melalui kategori tema relevan, yang ke dua penarikan kesimpulan yang menghubungkan temuan dengan rumusan masalah (gap integrasi Mayer-CLT) serta tujuan penelitian memastikan interpretasi data mendukung rekomendasi praktis untuk pengembangan media pembelajaran digital di Indonesia tanpa modifikasi metode baru.

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong perubahan signifikan dalam proses pembelajaran, terutama melalui pemanfaatan media berbasis multimedia. Dalam konteks pendidikan, multimedia umumnya mengintegrasikan berbagai elemen seperti teks, gambar, audio, animasi, dan video untuk menyampaikan informasi secara lebih menarik serta interaktif. Integrasi tersebut memungkinkan peserta didik menerima

informasi melalui saluran visual dan verbal secara simultan, sehingga dapat mendukung pemahaman materi pembelajaran secara lebih efektif (Aryani & Lestari, 2024).

Namun, penggunaan multimedia tidak selalu memberikan dampak positif apabila tidak dirancang sesuai prinsip pembelajaran yang tepat. Media yang menyajikan terlalu banyak elemen visual, teks berlebihan, maupun informasi yang kurang relevan dapat menimbulkan kebingungan dan mengganggu fokus peserta didik. Kondisi tersebut berpotensi memicu terjadinya *cognitive overload*, sehingga informasi yang disampaikan tidak dapat diproses secara optimal oleh siswa (Rahayu et al., 2024).

Dalam perspektif psikologi kognitif, belajar merupakan proses pengolahan informasi yang melibatkan memori kerja dan memori jangka panjang. Memori kerja memiliki kapasitas terbatas, sehingga peserta didik tidak mampu memproses seluruh informasi yang masuk secara bersamaan. Oleh karena itu, penyajian informasi dalam media pembelajaran perlu dirancang secara sistematis agar dapat mengurangi beban kognitif yang tidak diperlukan serta membantu peserta didik membangun pemahaman yang lebih bermakna (Afidah, 2015).

Salah satu pendekatan utama dalam perancangan media pembelajaran berbasis multimedia adalah *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML) yang dikembangkan oleh Richard Mayer, serta *Cognitive Load Theory* (CLT) yang diperkenalkan oleh John Sweller. Kedua teori ini menekankan bahwa pembelajaran akan lebih efektif apabila informasi disajikan melalui kombinasi kata dan gambar yang sesuai dengan mekanisme kerja kognitif manusia. Dalam CLT, beban kognitif dibagi menjadi tiga jenis, yaitu beban intrinsik yang berkaitan dengan kompleksitas materi, beban ekstrinsik yang muncul akibat desain yang kurang tepat, serta beban germane yang mendukung pembentukan skema pengetahuan jangka panjang. Dengan demikian, media pembelajaran idealnya mampu mengurangi beban ekstrinsik, mengelola kompleksitas materi, serta memfasilitasi terbentuknya pemahaman konseptual secara lebih mendalam (Sholihah, 2022).

Berdasarkan kerangka teori tersebut, Mayer mengembangkan sejumlah prinsip desain multimedia yang didukung oleh berbagai studi empiris. Prinsip-prinsip ini berfungsi sebagai panduan bagi pendidik maupun pengembang media pembelajaran dalam menyusun materi yang lebih efektif, menarik, dan mudah dipahami. Penerapan prinsip desain multimedia memungkinkan penyajian informasi tersusun secara lebih sistematis, sehingga dapat memfasilitasi proses belajar optimal sekaligus menekan risiko kelebihan beban kognitif pada peserta didik (Putri & Muhtadi, 2018).

Mayer kemudian merumuskan 12 prinsip utama dalam desain multimedia yang menjadi landasan penting dalam pengembangan media pembelajaran digital. Prinsip-prinsip tersebut tidak hanya memiliki dasar teoretis yang kuat, tetapi juga terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, serta hasil belajar peserta didik apabila diterapkan secara tepat. Berikut merupakan beberapa prinsip yang relevan dalam kajian ini.

#### 1. Prinsip *Coherence* (Koherensi)

Prinsip *coherence* menjelaskan bahwa peserta didik akan lebih mudah memahami informasi apabila materi disajikan tanpa unsur-unsur yang tidak relevan. Inti dari prinsip ini adalah menyederhanakan penyajian materi dengan menghilangkan elemen yang tidak penting, sehingga perhatian peserta didik tetap terfokus pada informasi inti. Penyajian yang sederhana, jelas, dan terarah dapat membantu peserta didik menangkap pesan utama secara lebih efektif (Dewi, 2023).

Penerapan prinsip *coherence* dapat dilakukan dengan memilih elemen multimedia yang benar-benar mendukung isi pembelajaran, seperti teks, gambar, maupun audio yang relevan dengan topik. Sebaliknya, elemen dekoratif atau informasi tambahan yang tidak berkaitan sebaiknya dihindari karena berpotensi mengalihkan perhatian peserta didik. Mayer dan Fiorella (2014) menegaskan bahwa media pembelajaran yang terlalu ramai justru dapat mengurangi efektivitas belajar karena kapasitas kognitif peserta didik digunakan untuk memproses hal-hal yang tidak diperlukan.

Sejumlah penelitian juga menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dirancang secara sederhana dan terfokus pada inti materi dapat meningkatkan pemahaman konsep serta membantu peserta didik memproses informasi secara lebih optimal (Suyono & Hariyanto, 2018). Hal ini sejalan dengan *Cognitive Load Theory*, di mana pengurangan elemen yang tidak relevan berkontribusi dalam menekan beban kognitif ekstrinsik sehingga memori kerja dapat digunakan untuk memahami materi utama.

Meskipun demikian, pada kondisi tertentu elemen tambahan masih dapat dimanfaatkan untuk mendukung pembelajaran, misalnya audio pembuka atau animasi ringan yang bertujuan menarik perhatian peserta didik. Variasi tampilan dalam media pembelajaran juga dapat meningkatkan motivasi dan minat belajar apabila digunakan secara proporsional (Maharani, 2018). Contohnya, pengembangan media berbentuk flipbook digital yang memadukan gambar, audio, dan video terbukti mampu meningkatkan ketertarikan peserta didik terhadap materi (Hapsari et al., 2023).

Dengan demikian, prinsip *coherence* menekankan pentingnya keseimbangan antara kesederhanaan dan daya tarik media. Elemen tambahan tetap dapat digunakan selama tidak berlebihan dan tetap mendukung penyampaian materi pembelajaran.

## 2. Prinsip *Signaling* (Pemberian Isyarat)

Prinsip *signaling* menekankan pentingnya penggunaan penanda atau isyarat dalam media pembelajaran untuk menyoroti informasi yang dianggap penting. Penanda tersebut dapat berupa penggunaan warna tertentu, huruf tebal (*bold*), garis bawah, simbol, kotak penekanan, maupun tanda panah yang berfungsi mengarahkan perhatian peserta didik pada bagian materi yang perlu dipahami secara lebih mendalam. Dengan adanya penanda ini, peserta didik dapat lebih mudah mengenali gagasan utama sehingga proses pembelajaran menjadi lebih terarah (Munir, 2017).

Penelitian dalam bidang teknologi pendidikan menunjukkan bahwa penggunaan penanda visual mampu membantu peserta didik mengorganisasi informasi yang diterima secara lebih sistematis. Selain itu, *signaling* juga mempermudah peserta didik dalam menghubungkan informasi baru dengan pengetahuan sebelumnya, sehingga meningkatkan efektivitas pemahaman konsep (Darmawan, 2019).

Mayer dan Fiorella (2014) menjelaskan bahwa penerapan *signaling* dapat dilakukan melalui pemberian tanda khusus pada bagian penting, seperti penekanan menggunakan *bold*, warna kontras, garis bawah, atau kotak di sekitar teks. Penanda ini berfungsi sebagai penegasan bahwa informasi tersebut merupakan bagian utama yang perlu diperhatikan, dicatat, dan diingat oleh peserta didik. Dengan demikian, prinsip *signaling* berperan dalam mengurangi kebingungan serta membantu peserta didik memfokuskan perhatian pada materi inti (Mayer & Fiorella, 2014; Mayer, 2009).

3. Prinsip *Redundancy* (Redundansi)

Prinsip *redundancy* menjelaskan bahwa media pembelajaran tidak perlu menyajikan terlalu banyak elemen informasi secara bersamaan. Apabila suatu media memuat teks panjang, gambar, suara, dan animasi secara berlebihan dalam satu tampilan, perhatian peserta didik dapat terpecah sehingga mereka kesulitan memfokuskan diri pada inti materi pembelajaran. Kondisi ini berpotensi menurunkan efektivitas pemrosesan informasi karena kapasitas memori kerja peserta didik bersifat terbatas (Kalyuga & Sweller, 2014).

Oleh karena itu, media pembelajaran digital sebaiknya dirancang secara sederhana dan tidak berlebihan. Penyajian informasi yang sama secara berulang, misalnya teks panjang yang ditampilkan bersamaan dengan narasi audio, dapat meningkatkan beban kognitif karena peserta didik harus memproses dua sumber informasi yang serupa dalam waktu yang sama. Jika beban ini terlalu besar, proses belajar menjadi kurang optimal dan pemahaman peserta didik dapat menurun.

Dengan demikian, prinsip redundansi menekankan pentingnya memilih bentuk penyajian informasi yang paling efektif. Sebagai contoh, pada slide presentasi, penyajian grafik atau diagram sebaiknya tidak disertai teks panjang yang menjelaskan hal yang sama. Penjelasan dapat disampaikan melalui narasi guru atau presenter agar peserta didik lebih fokus pada informasi utama yang sedang dipelajari (Dewi, 2023).

4. Prinsip *Spatial Contiguity* (Kedekatan Spasial)

Prinsip ini menjelaskan bahwa peserta didik akan lebih mudah memahami materi ketika teks dan gambar yang saling berkaitan ditempatkan berdekatan. Jika kedua elemen tersebut berada dalam posisi yang dekat, siswa dapat lebih cepat menghubungkan informasi yang mereka lihat sehingga proses memahami materi menjadi lebih mudah dan tidak memerlukan usaha berpikir yang terlalu besar. (Dewi, 2023)

Dalam penerapannya pada media pembelajaran digital, prinsip *spatial contiguity* dapat dilakukan dengan mengatur tata letak materi dalam satu halaman atau satu slide. Materi biasanya disajikan dalam dua elemen utama, yaitu teks dan gambar, yang ditampilkan secara bersamaan dan saling berdekatan. Penempatan seperti ini membantu peserta didik untuk lebih mudah menerima serta memahami informasi yang disampaikan melalui kedua elemen tersebut. (Rahayu et al., 2024)

Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa penyajian informasi dalam satu ruang atau tampilan dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi yang dipelajari. (Clark et al., 2001) Penelitian lain juga menemukan bahwa siswa yang belajar dengan penerapan prinsip *spatial contiguity* memiliki pemahaman yang lebih baik dibandingkan dengan siswa yang belajar tanpa menggunakan prinsip tersebut. (Craig et al., 2015)

Selain itu penelitian mengenai pengembangan media pembelajaran berbasis multimedia menunjukkan bahwa integrasi antara teks dan gambar dapat meningkatkan pemahaman konsep peserta didik. (Riyana, 2020) Dengan begitu penempatan yang berdekatan akan mempermudah peserta didik dalam menghubungkan informasi visual dan verbal sehingga mereka dapat memahami materi secara lebih cepat dan efisien.

5. Prinsip *Temporal Contiguity* (Kedekatan Temporal)

Prinsip *temporal contiguity* menjelaskan bahwa peserta didik akan belajar lebih efektif apabila narasi (penjelasan suara) dan animasi atau visual yang saling berkaitan

ditampilkan secara bersamaan, bukan secara terpisah atau berurutan (Nurhatmi, 2025). Ketika narasi dan animasi disajikan secara simultan, peserta didik dapat langsung menghubungkan informasi yang didengar dengan informasi yang dilihat. Kondisi ini mempermudah proses pemrosesan informasi dan membantu peserta didik membangun pemahaman yang lebih jelas terhadap materi pembelajaran.

Sebaliknya, apabila animasi ditampilkan terlebih dahulu kemudian disusul narasi, atau sebaliknya, peserta didik perlu mengingat kembali informasi sebelumnya untuk memahami keterkaitan antara keduanya. Proses ini dapat meningkatkan beban kognitif karena memori kerja harus menampung informasi dalam waktu lebih lama sebelum dapat diintegrasikan. Akibatnya, pembelajaran menjadi kurang efektif dan pemahaman peserta didik dapat menurun.

Penerapan prinsip *temporal contiguity* dalam media pembelajaran digital dapat dilakukan melalui penggunaan video pembelajaran yang disertai narasi, di mana penjelasan audio muncul secara sinkron dengan visual atau animasi yang ditampilkan. Kesesuaian waktu antara audio, gambar, dan teks narasi perlu diperhatikan karena ketidaksinkronan dapat membebani peserta didik dalam memproses informasi secara bersamaan. Dengan demikian, penyajian materi yang sesuai secara temporal terbukti mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi pembelajaran (Moreno & Mayer, 2007).

#### 6. Prinsip Segmenting (Segmentasi)

Prinsip *segmenting* menjelaskan bahwa peserta didik akan memahami pembelajaran dengan lebih baik ketika materi multimedia yang kompleks disajikan dalam beberapa bagian kecil atau segmen yang dapat dikendalikan oleh peserta didik, dibandingkan jika materi disampaikan secara terus-menerus dalam satu penjelasan panjang. Penyajian materi secara bertahap memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memahami setiap bagian terlebih dahulu sebelum melanjutkan ke bagian berikutnya. Dengan demikian, peserta didik dapat menyesuaikan kecepatan belajar sesuai kemampuan kognitifnya, misalnya dengan menghentikan, mengulang, atau melanjutkan materi setelah merasa memahami penjelasan sebelumnya. Selain itu, segmentasi juga membantu mengurangi beban kognitif karena peserta didik tidak harus memproses terlalu banyak informasi dalam waktu yang bersamaan (Rahayu et al., 2024).

Dalam penerapannya pada media pembelajaran digital, prinsip *segmenting* dapat dilakukan dengan membagi materi menjadi submateri yang lebih kecil dan terstruktur. Sebagai contoh, pada pembelajaran bangun datar, materi dapat dibagi menjadi beberapa bagian seperti segi banyak, segitiga, segi empat, serta hubungan antar garis. Pembagian tersebut membantu guru menyampaikan materi secara sistematis dan mempermudah peserta didik memahami konsep secara bertahap (Mehta et al., 2024). Penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran yang dirancang secara tersegmentasi berdasarkan prinsip multimedia terbukti mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran serta keterlibatan peserta didik karena materi menjadi lebih mudah diikuti dan dipahami (Mutalib & Jaafar, 2018).

Selain itu, beberapa studi juga menemukan bahwa penerapan segmentasi dapat meningkatkan pemahaman peserta didik pada berbagai jenjang pendidikan, termasuk pada anak usia prasekolah. Hal ini sejalan dengan pendapat Moreno dan Mayer yang menegaskan bahwa pembagian materi menjadi bagian-bagian kecil yang tersusun dengan baik dapat membantu peserta didik memproses informasi secara lebih terarah dan meningkatkan pemahaman konsep (Moreno & Mayer, 2007). Oleh karena itu,

- prinsip *segmenting* dapat menjadi strategi yang efektif dalam merancang media pembelajaran multimedia agar proses belajar berlangsung lebih optimal.
7. Prinsip Pre-training (Pra-pelatihan)

Prinsip *pre-training* menjelaskan bahwa peserta didik akan belajar lebih efektif apabila mereka telah memiliki pengetahuan awal mengenai konsep dasar sebelum mempelajari materi yang lebih kompleks. Pengenalan awal terhadap istilah, bagian, maupun konsep utama dapat membantu peserta didik membangun kerangka pemahaman sehingga mereka lebih siap menerima informasi yang lebih sulit pada tahap berikutnya (Mayer, 2009).

Dalam media pembelajaran digital, prinsip ini dapat diterapkan melalui penyediaan pengantar materi, definisi istilah penting, atau penjelasan singkat sebelum masuk ke pembahasan inti. Dengan adanya pengetahuan awal, peserta didik tidak perlu memproses terlalu banyak informasi baru secara bersamaan, sehingga beban kognitif dapat dikurangi dan proses belajar menjadi lebih terarah (Sweller, 2011).

Penelitian dalam bidang *multimedia learning* juga menunjukkan bahwa peserta didik yang memperoleh pre-training cenderung memiliki pemahaman yang lebih baik dibandingkan peserta didik yang langsung menerima materi tanpa pengenalan awal. Hal ini terjadi karena peserta didik telah memiliki gambaran mengenai struktur materi dan hubungan antar konsep yang akan dipelajari (Mayer, 2009).
  8. Prinsip Modality (Modalitas)

Prinsip *modality* menjelaskan bahwa peserta didik akan lebih mudah memahami materi apabila informasi disajikan dalam bentuk gambar yang disertai narasi suara dibandingkan dengan gambar yang disertai teks tertulis. Prinsip ini didasarkan pada pandangan bahwa manusia memiliki dua saluran utama dalam memproses informasi, yaitu saluran visual dan saluran auditori (Mayer, 2014).

Apabila gambar dan teks tertulis panjang disajikan secara bersamaan, keduanya akan diproses melalui saluran visual sehingga berpotensi menimbulkan kelebihan beban pada memori kerja. Sebaliknya, ketika gambar dipadukan dengan narasi suara, informasi dapat terbagi ke dalam dua saluran pemrosesan yang berbeda, sehingga proses pemahaman menjadi lebih ringan dan efektif (Sweller, 2011).

Dalam pembelajaran digital, prinsip *modality* dapat diterapkan melalui penggunaan video pembelajaran, animasi, maupun presentasi interaktif. Guru atau desainer pembelajaran dapat mengurangi teks yang terlalu panjang dan menggantinya dengan penjelasan audio yang selaras dengan gambar atau animasi yang ditampilkan. Dengan cara ini, peserta didik dapat lebih fokus pada visual yang dipelajari tanpa terbebani oleh tuntutan membaca informasi secara berlebihan (Clark & Mayer, 2016).

Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa penggunaan narasi suara dalam multimedia mampu meningkatkan pemahaman konsep, terutama pada materi yang bersifat prosedural atau menjelaskan suatu proses. Oleh karena itu, penerapan prinsip *modality* menjadi aspek penting dalam merancang media pembelajaran digital yang efektif sekaligus mampu menekan beban kognitif peserta didik (Mayer, 2009).
  9. Prinsip Multimedia

Prinsip *multimedia* menjelaskan bahwa peserta didik akan belajar lebih baik melalui kombinasi kata-kata dan gambar dibandingkan hanya melalui kata-kata saja. Hal ini karena visual dapat membantu peserta didik membangun representasi mental

yang lebih jelas terhadap materi, sehingga hubungan antar konsep lebih mudah dipahami (Mayer, 2009).

Dalam konteks media pembelajaran digital, penyajian materi yang hanya berupa teks sering kali membuat peserta didik mengalami kesulitan, terutama ketika materi bersifat abstrak atau kompleks. Kehadiran elemen visual seperti gambar, diagram, grafik, maupun animasi dapat membantu peserta didik melihat secara langsung bentuk, struktur, atau proses yang dijelaskan, sehingga pemahaman dapat terbentuk lebih cepat dan lebih bermakna (Mayer, 2014).

Prinsip multimedia juga berkaitan erat dengan teori beban kognitif, di mana penggunaan visual yang tepat dapat mengurangi beban kerja memori karena sebagian informasi dapat diproses melalui saluran visual. Namun, visual yang digunakan harus relevan dan mendukung tujuan pembelajaran. Apabila gambar bersifat dekoratif atau tidak sesuai dengan materi, hal tersebut justru dapat mengganggu konsentrasi peserta didik dan meningkatkan beban kognitif yang tidak diperlukan (Sweller, 2011).

Penelitian dalam bidang teknologi pendidikan menunjukkan bahwa media pembelajaran yang memadukan teks dan visual secara tepat mampu meningkatkan hasil belajar serta membantu peserta didik mengingat informasi dalam jangka waktu yang lebih lama. Oleh karena itu, prinsip *multimedia* menjadi salah satu dasar penting dalam perancangan pembelajaran digital yang efektif (Clark & Mayer, 2016).

#### 10. Prinsip Personalization (Personalisasi)

Prinsip *personalization* menjelaskan bahwa peserta didik cenderung belajar lebih efektif apabila bahasa yang digunakan dalam media pembelajaran bersifat komunikatif dan menyerupai percakapan sehari-hari. Penggunaan bahasa yang terlalu formal dan kaku dapat menciptakan jarak antara peserta didik dan materi, sedangkan gaya bahasa yang lebih personal dapat meningkatkan keterlibatan dalam proses belajar (Mayer, 2009).

Mayer menegaskan bahwa penggunaan bahasa yang bersifat personal mampu membuat peserta didik merasa seolah-olah sedang berinteraksi langsung dengan pengajar. Hal ini berkontribusi pada peningkatan perhatian, motivasi, serta minat belajar. Salah satu bentuk penerapan *personalization* adalah penggunaan kata ganti orang seperti “kamu”, “kita”, atau “anda” untuk membangun suasana pembelajaran yang lebih dekat dan interaktif (Mayer, 2009).

Dalam pembelajaran digital, prinsip ini dapat diterapkan pada video pembelajaran, modul interaktif, maupun presentasi yang menggunakan narasi dengan gaya bahasa yang lebih akrab dan mudah dipahami. Pendekatan tersebut terbukti dapat meningkatkan pemahaman peserta didik karena mereka merasa lebih terlibat dan terarah dalam mengikuti materi (Clark & Mayer, 2016).

Dengan demikian, prinsip *personalization* menjadi salah satu komponen penting dalam desain media pembelajaran digital, khususnya untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran berbasis multimedia melalui komunikasi yang lebih humanis dan responsif terhadap peserta didik (Mayer, 2009).

#### 11. Prinsip Voice (Suara)

Prinsip *voice* menjelaskan bahwa peserta didik akan belajar lebih efektif ketika narasi dalam media multimedia menggunakan suara manusia yang alami dibandingkan suara buatan atau suara robot. Suara manusia yang natural dapat menciptakan kenyamanan, meningkatkan perhatian, serta membantu peserta didik memahami penjelasan dengan lebih baik (Mayer, 2014).

Dalam pembelajaran digital, narasi suara sering digunakan untuk menjelaskan gambar, animasi, maupun video. Apabila suara yang digunakan terdengar tidak alami atau terlalu mekanis, perhatian peserta didik dapat teralihkan pada kualitas suara tersebut sehingga fokus terhadap materi pembelajaran menurun. Oleh karena itu, pemilihan suara narasi perlu diperhatikan agar sesuai dengan karakteristik peserta didik dan mendukung penyampaian materi secara optimal (Clark & Mayer, 2016).

Penelitian dalam bidang *multimedia learning* menunjukkan bahwa penggunaan suara manusia yang jelas dan natural dapat meningkatkan pemahaman karena membantu peserta didik memproses informasi dengan lebih nyaman serta menciptakan kesan interaksi yang lebih dekat antara peserta didik dan materi pembelajaran (Mayer, 2014). Dengan demikian, prinsip *voice* menegaskan bahwa kualitas audio merupakan aspek penting dalam desain media pembelajaran digital karena berpengaruh langsung terhadap efektivitas proses belajar.

## 12. Prinsip Image (Gambar)

Prinsip *image* menjelaskan bahwa kehadiran gambar pengajar dalam media pembelajaran tidak selalu meningkatkan pemahaman peserta didik. Dalam kondisi tertentu, terutama ketika gambar yang ditampilkan tidak memiliki keterkaitan langsung dengan materi, elemen tersebut justru dapat mengalihkan perhatian peserta didik dan meningkatkan beban kognitif (Mayer, 2001).

Hal ini sejalan dengan *Cognitive Load Theory* yang menegaskan bahwa kapasitas memori kerja manusia bersifat terbatas. Ketika terlalu banyak elemen visual yang tidak penting ditampilkan, sebagian sumber daya kognitif peserta didik akan digunakan untuk memproses elemen tersebut, sehingga fokus terhadap informasi utama menjadi berkurang (Sweller, 2011).

Dalam media pembelajaran digital, penggunaan gambar sebaiknya difokuskan pada elemen visual yang memiliki fungsi instruksional, seperti diagram, ilustrasi, atau animasi yang mendukung penjelasan konsep. Sebaliknya, gambar yang bersifat dekoratif atau hanya bertujuan memperindah tampilan sebaiknya dihindari karena tidak memberikan kontribusi terhadap pemahaman peserta didik (Clark & Mayer, 2016).

Penelitian dalam desain multimedia juga menunjukkan bahwa media pembelajaran yang sederhana namun relevan lebih efektif dibandingkan media yang dipenuhi elemen visual tambahan. Oleh karena itu, prinsip *image* menekankan pentingnya seleksi elemen visual secara tepat agar pembelajaran menjadi lebih fokus, efisien, dan sesuai dengan tujuan pembelajaran (Mayer, 2001).

## **Pembahasan**

Berdasarkan uraian mengenai dua belas prinsip dalam *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML) yang dikemukakan oleh Mayer, dapat dipahami bahwa efektivitas media pembelajaran digital sangat dipengaruhi oleh bagaimana informasi disajikan sesuai dengan karakteristik kognitif peserta didik. Setiap prinsip pada dasarnya berfungsi untuk membantu peserta didik memproses informasi secara lebih terstruktur, mengurangi potensi beban kognitif berlebih, serta meningkatkan pemahaman konsep. Oleh karena itu, pembahasan ini diarahkan pada analisis karakteristik media pembelajaran digital yang efektif serta keterkaitannya dengan *Cognitive Load Theory* (CLT) sebagai kerangka teoretis pendukung dalam perancangan media pembelajaran.

Hasil sintesis dari berbagai literatur menunjukkan bahwa media pembelajaran digital yang efektif memiliki karakteristik utama yang berkaitan dengan cara penyajian informasi serta strategi pengelolaan beban kognitif. Mayer (2009) menegaskan bahwa

pembelajaran multimedia akan lebih optimal apabila materi disusun secara sederhana, relevan, dan disesuaikan dengan kapasitas memori kerja manusia yang terbatas.

Karakteristik pertama adalah penyajian materi yang ringkas dan terfokus pada inti pembelajaran. Prinsip *coherence* dan *redundancy* menekankan bahwa elemen yang tidak relevan, baik berupa teks tambahan, visual dekoratif, maupun informasi berulang, sebaiknya dihilangkan agar tidak mengalihkan perhatian peserta didik. Dalam perspektif CLT, kondisi tersebut berkaitan langsung dengan upaya menekan *extraneous cognitive load*, yaitu beban kognitif yang muncul akibat desain pembelajaran yang kurang tepat. Sweller (2011) menjelaskan bahwa beban kognitif yang terlalu besar dapat menghambat pemahaman karena memori kerja memiliki kapasitas terbatas.

Karakteristik kedua adalah penggunaan kombinasi visual dan verbal yang saling melengkapi. Prinsip *multimedia* dan *modality* menunjukkan bahwa pemahaman peserta didik cenderung meningkat ketika informasi disajikan melalui gambar yang didukung narasi atau penjelasan verbal yang tepat. Integrasi ini membantu peserta didik membangun representasi mental yang lebih jelas serta memperkuat hubungan antar konsep (Clark & Mayer, 2016). Dengan kata lain, keseimbangan antara unsur visual dan verbal tidak hanya meningkatkan daya tarik media, tetapi juga memfasilitasi pemrosesan informasi secara lebih efisien.

Karakteristik ketiga adalah penyajian materi secara bertahap dan terstruktur. Prinsip *segmenting*, *pre-training*, dan *temporal contiguity* menegaskan bahwa peserta didik akan lebih mudah memahami materi ketika informasi diberikan secara berurutan, dibagi dalam bagian kecil, serta disajikan pada waktu yang tepat antara narasi dan visual. Penyajian bertahap memberikan kesempatan bagi peserta didik untuk memproses setiap bagian sebelum berpindah ke konsep berikutnya, sehingga mengurangi tekanan pada memori kerja. Mayer (2014) menjelaskan bahwa struktur penyajian seperti ini membantu peserta didik menyesuaikan kecepatan belajar sesuai kapasitas kognitif masing-masing.

Karakteristik keempat adalah penggunaan bahasa, suara, dan tampilan yang mendukung keterlibatan peserta didik. Prinsip *personalization*, *voice*, dan *image* menekankan bahwa media pembelajaran digital akan lebih efektif apabila menggunakan bahasa yang komunikatif, narasi dengan suara manusia yang natural, serta visual yang relevan dengan materi. Elemen-elemen tersebut dapat meningkatkan perhatian dan motivasi belajar, tetapi tetap harus diarahkan untuk mendukung tujuan pembelajaran agar tidak berubah menjadi distraksi (Mayer, 2001).

Berdasarkan karakteristik tersebut, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran digital yang efektif bukanlah media yang menampilkan teknologi secara berlebihan, melainkan media yang mampu menyajikan materi secara sederhana, terstruktur, relevan, serta selaras dengan prinsip multimedia dan keterbatasan kognitif peserta didik. Media yang dirancang dengan pendekatan ini akan lebih mampu memfasilitasi pemahaman konseptual dan meningkatkan efektivitas pembelajaran.

Lebih lanjut, prinsip multimedia Mayer memiliki keterkaitan yang kuat dengan *Cognitive Load Theory* yang dikemukakan oleh Sweller. CLT menekankan bahwa memori kerja manusia memiliki kapasitas terbatas, sehingga desain pembelajaran harus dirancang secara hati-hati agar tidak memunculkan beban kognitif yang tidak diperlukan. Sweller (2011) menyatakan bahwa pembelajaran akan berlangsung lebih efektif apabila beban kognitif yang tidak relevan dapat ditekan sehingga peserta didik mampu memusatkan perhatian pada pemrosesan informasi inti.

Dalam CLT, beban kognitif dibagi menjadi tiga jenis, yaitu *intrinsic cognitive load*, *extraneous cognitive load*, dan *germane cognitive load*. *Intrinsic load* berkaitan dengan

kompleksitas materi, *extraneous load* berkaitan dengan desain penyajian informasi, sedangkan *germane load* berkaitan dengan proses pembentukan skema pengetahuan jangka panjang (Mayer, 2009).

Prinsip *coherence* dan *redundancy* dalam teori Mayer dapat dipahami sebagai strategi untuk menekan *extraneous cognitive load*, karena keduanya menekankan penghapusan elemen yang tidak relevan serta menghindari penyajian informasi yang berulang. Selanjutnya, prinsip *segmenting* dan *pre-training* berperan dalam membantu peserta didik mengelola *intrinsic cognitive load*, sebab materi yang kompleks dapat dipahami lebih mudah apabila disajikan bertahap dan didahului dengan pengenalan konsep dasar. Selain itu, prinsip seperti *multimedia*, *modality*, dan *temporal contiguity* mendukung terbentuknya *germane cognitive load*, karena membantu peserta didik mengorganisasi informasi dan membangun hubungan antar konsep secara lebih mendalam (Clark & Mayer, 2016; Mayer, 2014).

Dengan demikian, CTML dan CLT memiliki hubungan konseptual yang saling melengkapi dalam menjelaskan bagaimana media pembelajaran digital seharusnya dirancang. Prinsip multimedia Mayer memberikan panduan praktis terkait desain penyajian informasi, sementara CLT menjelaskan mekanisme kognitif yang mendasari mengapa desain tertentu dapat meningkatkan atau justru menurunkan efektivitas belajar.

Secara keseluruhan, kajian ini menunjukkan bahwa efektivitas media pembelajaran digital tidak hanya ditentukan oleh penggunaan teknologi, melainkan oleh kesesuaian desain media dengan prinsip-prinsip kognitif peserta didik. Oleh karena itu, penerapan prinsip multimedia Mayer yang disinergikan dengan kerangka *Cognitive Load Theory* menjadi landasan penting dalam pengembangan media pembelajaran digital yang berkualitas, terutama untuk mendukung proses belajar yang lebih efektif di era digital.

#### **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil kajian mengenai penggunaan media pembelajaran digital berbasis multimedia, dapat disimpulkan bahwa efektivitas pembelajaran tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan teknologi yang digunakan, tetapi terutama oleh bagaimana media tersebut dirancang sesuai dengan karakteristik kognitif peserta didik. Penerapan dua belas prinsip dalam *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML) yang dikemukakan oleh Richard Mayer menunjukkan bahwa penyajian materi yang sederhana, terstruktur, dan relevan mampu membantu peserta didik memproses informasi secara lebih efektif sekaligus mengurangi beban kognitif yang tidak diperlukan. Prinsip-prinsip seperti *coherence*, *signaling*, *redundancy*, *segmenting*, hingga *personalization* berperan penting dalam mengarahkan perhatian peserta didik pada informasi esensial sehingga pemahaman terhadap materi dapat meningkat.

Selain itu, kajian ini juga menegaskan bahwa prinsip multimedia Mayer memiliki keterkaitan yang kuat dengan *Cognitive Load Theory* (CLT), yang menjelaskan keterbatasan kapasitas memori kerja dalam memproses informasi. Pengelolaan desain media melalui pengurangan unsur yang tidak relevan, penyajian materi secara bertahap, serta integrasi visual dan verbal yang seimbang dapat meminimalkan *extraneous load* dan mendukung pembentukan pemahaman konseptual yang lebih mendalam.

Dengan demikian, pengembangan media pembelajaran digital perlu dilakukan secara sistematis dengan mengintegrasikan prinsip desain multimedia dan teori beban kognitif agar pemanfaatan teknologi dalam pendidikan benar-benar memberikan dampak optimal terhadap pemahaman dan keterlibatan peserta didik. Ke depan, penelitian

lanjutan dapat difokuskan pada implementasi langsung prinsip-prinsip tersebut dalam pengembangan media pembelajaran digital, serta pengujian efektivitasnya melalui studi empiris pada berbagai jenjang dan konteks pembelajaran.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan penelitian ini. Apresiasi disampaikan kepada dosen Mata kuliah media dan teknologi yang telah memberikan arahan, masukan, serta bimbingan selama proses penulisan dan penyempurnaan penelitian. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada institusi atau pihak akademik yang telah memberikan kesempatan serta fasilitas sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam proses pengumpulan data, penyusunan, hingga penyelesaian penelitian ini. Dukungan, masukan, dan kerja sama yang diberikan sangat berarti dalam mendukung terselesaikannya penelitian ini dengan baik.

### **DAFTAR REFERENSI**

- Abdul Mutalib, A., & Jaafar, Y. (2018). Segmenting principle engages pre-school children with multimedia learning material. *The Journal of Social Sciences Research*, 791–800.
- Afidah, V. N. (2015). Prinsip-prinsip teori beban kognitif dalam merancang media pembelajaran matematika. *JP2M (Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika)*. <https://doi.org/10.29100/jp2m.v1i2.195>
- Aryani, N., & Lestari, A. (2024). Menerapkan teori multimedia learning untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. *Jurnal Media Akademik (JMA)*. <https://doi.org/10.62281/4cvx8h18>
- Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (3rd ed.). Pfeiffer.
- Clark, R. C., Mayer, R. E., & Thalheimer, W. (2001). E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning. *Performance Improvement*, 42(5), 41–43.
- Craig, S. D., Twyford, J., Irigoyen, N., & Zipp, S. A. (2015). A test of spatial contiguity for virtual human's gestures in multimedia learning environments. *Journal of Educational Computing Research*, 53(1), 3–14.
- Darmawan, D. (2019). Pengembangan multimedia pembelajaran interaktif untuk meningkatkan pemahaman siswa. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 21(1), 15–26.
- Dewi. (2023). Mayer's principles of multimedia. Educa Academy. <https://academy.educa.id/teachers/news/2729-mayers-principles-of-multimedia>
- Hapsari, H. T., Riyadi, R., & Budiharto, T. (2023). Pengembangan media pembelajaran berbasis e-flipbook melalui Canva pada materi satuan waktu untuk peserta didik kelas III sekolah dasar. *Didaktika Dwija Indria*, 11(4).
- Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 41, pp. 85-139). Academic Press.
- Maharani, P. (2018). *Pengembangan multimedia pembelajaran interaktif menggunakan Construct 2 tentang suhu dan kalor untuk siswa kelas X SMA* (Skripsi). Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.

- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press.
- Mehta, R., Santacruz, C., & Lischy, B. (2024). A systematic literature review on the intersection of experiential and multimedia learning with virtual reality and its implications. *Aresty Rutgers Undergraduate Research Journal*, 1(5), 5–6.
- Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive multimodal learning environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326.
- Munir. (2017). *Multimedia: Konsep dan aplikasi dalam pendidikan*. Alfabeta.
- Nurhatmi. (2025). Teori multimedia pembelajaran: Landasan kognitif dan implikasi desain instruksional. *Al Habib: Jurnal Pendidikan Islam dan Keguruan*, 1(2).
- Pangesti, F. T. P., & Retnowati, E. (2017). Pengembangan bahan ajar geometri SMP berbasis cognitive load theory berorientasi pada prestasi belajar siswa. *PYTHAGORAS: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 12(1), 33–46.
- Putri, D. P. E., & Muhtadi, A. (2018). Pengembangan multimedia pembelajaran interaktif berbasis prinsip Mayer pada materi laju reaksi. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*. <https://doi.org/10.21831/jitp.v5i1.13752>
- Rahayu, P., Marmoah, S., & Budiharto, T. (2024). Analisis penerapan prinsip Mayer pada multimedia digital dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar. *Didaktika Dwija Indria*, 12(5), 353–361.
- Riyana. (2020). Pemanfaatan media visual dalam pembelajaran berbasis multimedia. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Informasi*, 5(1), 45–53.
- Sholihah, D. A. (2022). Strategi pembelajaran matematika berdasarkan cognitive load theory untuk meminimalkan extraneous cognitive load. *EQUALS: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*. <https://doi.org/10.46918/equals.v5i1.1197>
- Suyono, & Hariyanto. (2018). Pengaruh desain multimedia terhadap beban kognitif peserta didik. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 20(2), 102–110.
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. *Psychology of Learning and Motivation*.