

Analisis penerapan prinsip Mayer pada multimedia digital dalam pembelajaran matematika di kelas iv sekolah dasar

Puji Rahayu^{1*}, Sri Marmoah², and Tri Budiharto³

^{1,2,3} Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Sebelas Maret, Jl.Slamet Riyadi No. 449, Pajang, Kec. Laweyan, Kota Surakarta, 57146, Indonesia

puji.rahayu@student.uns.ac.id

Abstract. *The world of education has undergone significant changes due to the development of information and communication technology. One impact of these changes is the use of digital multimedia in the learning process. This study aims to describe and understand the application of Mayer's principles in digital multimedia for mathematics learning in Grade IV of SD Muhammadiyah Plus Salatiga in the academic year 2023/2024. This research used a qualitative approach with a case study method. Data were collected through interviews, observations, and documentation. The subjects were teachers of Grade IV. The results obtained regarding the application of Mayer's cognitive multimedia principles in digital multimedia for learning in Grade IV revealed ten principles applied in digital multimedia. These principles are contiguity, spatial contiguity, temporal contiguity, coherence, redundancy, signaling, segmenting, multimedia, personalization, and interactivity.*

Keywords: *Information technology, multimedia, digital learning, Mayer's principles, elementary education.*

1. Pendahuluan

Dunia pendidikan mengalami perubahan signifikan dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi. Salah satu perubahan tersebut adalah penggunaan multimedia digital dalam proses pembelajaran. Multimedia mencakup teks, gambar, audio, video, dan animasi, yang memerlukan fungsi sistem audio dan visual manusia untuk menerima dan memproses informasi [1]. Tujuannya adalah mempermudah peserta didik dalam menerima dan memproses informasi yang disajikan, multimedia digital adalah integrasi teks, grafik, animasi, audio, gambar, dan video secara digital, memungkinkan akses informasi yang luas dan menghadirkan sumber belajar yang beragam [2].

SD Muhammadiyah Plus Salatiga adalah salah satu sekolah dasar yang menggunakan multimedia digital dalam pembelajarannya, khususnya di kelas IV Usman Haryono. Penelitian ini bertujuan untuk mendalami penerapan prinsip-prinsip multimedia dalam pembelajaran di kelas tersebut. Menurut Syarif, peserta didik kelas IV senang menyelidiki, mencoba, bereksperimen, dan memiliki rasa ingin tahu yang besar, yang sesuai dengan pemanfaatan multimedia digital dalam pembelajaran [3]. Namun, permasalahan yang disampaikan oleh Fikri dan Madona menunjukkan bahwa penggunaan media seperti PPT atau video secara berulang dapat menjadi membosankan bagi peserta didik [4]. Oleh karena itu, variasi dan beban materi harus diperhatikan dalam memilih media pembelajaran [5].

Memilih dan memilah multimedia digital sebagai media belajar perlu memperhatikan beberapa hal. Teori Mayer membahas bagaimana multimedia dapat mempengaruhi kognitif manusia dengan memanfaatkan dua saluran ganda, yaitu gambar dan suara. Saluran ganda mencakup telinga dan mata yang bekerja optimal ketika informasi diterima dengan komposisi yang seimbang. Keterbatasan pemrosesan menekankan bahwa manusia memiliki batas dalam menerima dan mengolah informasi, sehingga perlu menggunakan kedua saluran untuk menghindari beban kognitif. Pemrosesan aktif

melibatkan peserta didik dalam memilih, mengelola, dan menghubungkan informasi baru dengan pengetahuan yang sudah ada, sehingga meningkatkan efektivitas pembelajaran.

Menurut Mayer penggunaan multimedia dengan memaksimalkan fungsi dari dua saluran ganda, yaitu audio dan visual dapat meningkatkan efektivitas penerimaan informasi seseorang. Penerimaan informasi dari dua saluran akan mengurangi setengah beban dari salah satu saluran, karena setiap saluran memiliki kapasitas masing-masing untuk menerima informasi [6]. Pembagian dari kedua saluran tersebut dapat memudahkan peserta didik untuk menerima lebih banyak informasi. Menurut Saeverot dan Torgersen memanfaatkan multimedia dengan memperhatikan kedua fungsi tadi dapat membuat pembelajaran menjadi lebih efektif. Hal ini karena substansi pembelajaran akan mudah diterima oleh peserta didik [7].

Selain memaksimalkan fungsi dua saluran ganda perlu untuk memperhatikan prinsip-prinsip multimedia dalam penggunaannya selama pembelajaran. Teori kognitif multimedia mencakup berbagai prinsip seperti *contiguity*, *spatial contiguity*, *temporal contiguity*, *coherence*, *signaling*, dan *redundancy* untuk meminimalisir pemrosesan yang tidak relevan. Prinsip *segmenting*, *pre-training*, dan *modality* membantu meningkatkan pemrosesan penting. Prinsip *multimedia*, *personalization*, dan *interactivity* dirancang untuk meningkatkan pemrosesan generatif. Implementasi prinsip-prinsip ini dalam pembelajaran multimedia dapat membantu peserta didik memproses informasi lebih efisien dan meningkatkan kualitas pembelajaran. Menurut Kartal dengan memperhatikan dan menerapkan prinsip-prinsip tersebut dalam multimedia yang digunakan dapat memudahkan peserta didik menerima materi [8]. Materi yang disajikan menggunakan multimedia dengan tetap memperhatikan prinsip-prinsipnya akan lebih mudah dipahami oleh peserta didik. Hal ini yang menjadi alasan pentingnya penggunaan multimedia dengan tetap memperhatikan prinsip-prinsipnya. Sejalan dengan Saeverot dan Torgersen menyatakan bahwa kemudahan peserta didik menerima informasi berpengaruh terhadap pemahaman mereka terhadap materi yang menjadi substansi pembelajaran [7]. Persoalan tersebut menjadi penting bagi guru dalam memilih multimedia digital sebagai media pembelajaran sesuai dengan prinsip-prinsip multimedia. Penelitian ini penting untuk dilaksanakan guna mengetahui prinsip-prinsip pada multimedia digital yang digunakan sebagai media pembelajaran, memberi pengetahuan secara teoritis dan manfaat praktis, serta untuk memperbaiki pemilihan multimedia digital sebagai media pembelajaran.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam artikel ini adalah penelitian kualitatif dengan pendekatan studi kasus di SD Muhammadiyah Plus Salatiga. Pendekatan kualitatif dipilih karena menekankan pada pemahaman makna dalam konteks alamiah. Menurut Sugiyono penelitian kualitatif menekankan pada eksplorasi dan penemuan kekhasan dalam sebuah kasus [9]. Teknik pengambilan sampel yang diterapkan adalah *purposive sampling*, yang memungkinkan peneliti memilih sampel dengan pertimbangan berbagai faktor. Menurut Sugiyono, teknik pengambilan sampel *purposive sampling* adalah teknik mengambil sampel penelitian dengan mempertimbangkan hal-hal tertentu [9]. Pengumpulan data, peneliti menggunakan tiga teknik yang berbeda. Pertama, observasi dilakukan dengan melihat secara langsung aktivitas pembelajaran di sekolah. Menurut Sugiyono, observasi adalah kegiatan peneliti terlibat dalam keseharian sumber data atau peneliti ikut melakukan aktivitas yang dilakukan oleh sumber data dibarengi dengan pengamatan mendalam [9]. Kedua, wawancara digunakan untuk mendapatkan informasi secara mendalam dari subjek penelitian. Wawancara dijelaskan oleh Esterberg dikutip oleh Sugiyono, sebagai bertemunya dua orang bertujuan untuk saling menukar informasi melalui pertanyaan dan jawaban, sehingga terbentuk makna dalam suatu topik [9]. Ketiga, dokumentasi digunakan sebagai pelengkap untuk mengumpulkan data dari sumber-sumber lain. Pengumpulan data dengan dokumen dijelaskan oleh Sugiyono merupakan bentuk pelengkap dari dua metode pengambilan data sebelumnya [9].

3. Hasil dan Pembahasan

1.1. Penerapan Prinsip Contiguity



Gambar 1. Penerapan Prinsip *Contiguity*

Gambar tersebut menunjukkan bahwa penerapan prinsip *contiguity* pada multimedia digital yang digunakan oleh guru berupa pengaturan tata letak gambar dan teks yang berdekatan. Jarak yang diberikan pada dua elemen tersebut tidak boleh terlalu dekat dan tidak terlalu jauh. Tata letak seperti ini memungkinkan peserta didik untuk melihat secara menyeluruh materi yang disajikan, sehingga peserta didik dapat dengan mudah untuk menghubungkan informasi yang disampaikan pada gambar dan teks. Hal ini sesuai dengan Clark, dkk. yang menegaskan bahwa penyajian visual dan teks secara berdekatan dapat membantu peserta didik dalam mengaitkan informasi [10]. Kemudahan tersebut memungkinkan peserta didik memahami materi yang disampaikan dari gambar dan teks yang disajikan. Penerapan prinsip *contiguity* dapat meningkatkan pemahaman peserta didik. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan hasil belajar dari kelompok eksperimen [11].

1.2. Penerapan Prinsip Spatial Contiguity



Gambar 2. Penerapan Prinsip *Spatial Contiguity*

Penerapan prinsip *spatial contiguity* pada multimedia digital yang digunakan guru berupa pengaturan tata letak materi dalam satu ruang halaman. Materi disajikan dalam dua elemen, yaitu teks dan gambar yang ditampilkan pada satu halaman *slide*. Pengaturan letak seperti ini memberi kemudahan peserta didik untuk menerima dan mencerna materi yang disajikan dari dua elemen berbeda. Sejalan dengan hasil penelitian Clark, dkk. menunjukkan bahwa penyajian informasi dalam satu ruang dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi yang dipelajari [10].

Craig, dkk. dalam penelitiannya menemukan bahwa kelompok *spatial contiguity* menunjukkan pemahaman yang lebih baik dibanding kelompok kontrol [11]. Desain penyajian materi seperti ini dapat memudahkan peserta didik untuk memperoleh informasi, sehingga mengurangi beban peserta didik dalam upayanya untuk memahami materi. Menempatkan elemen visual dan tekstual secara berdekatan, peserta didik dapat lebih mudah mengintegrasikan informasi dan mengurangi beban kognitif [12].

1.3. Penerapan Prinsip Temporal Contiguity



Gambar 3. Penerapan Prinsip *Temporal Contiguity*

Penerapan prinsip *temporal contiguity* pada multimedia digital yang digunakan oleh guru berupa video disertai dengan narasi. Pada sebuah video narasi muncul sesuai dengan audio yang diucapkan. Kesesuaian antara audio, gambar, dan narasi yang muncul pada sebuah video perlu diperhatikan. Apabila diantara ketiga elemen tidak muncul dalam waktu yang sama dapat memberikan beban

kepada peserta didik, karena mereka harus mencerna informasi dari tiga elemen yang tidak sinkron. Pengaturan tempo dalam multimedia yang digunakan selama pembelajaran mempengaruhi penerimaan informasi

oleh peserta didik di China. Kelompok eksperimen dengan menerapkan prinsip temporal *contiguity* menunjukkan penerimaan kosa kata Bahasa Jepang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol [13]. Narasi dalam video dapat membantu peserta didik memahami materi yang disajikan. Teks yang dihadirkan dalam video membantu memperjelas materi yang disampaikan dengan audio. penyajian informasi yang sesuai secara temporal dapat meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi pembelajaran [14].

1.4. Penerapan Prinsip Coherence

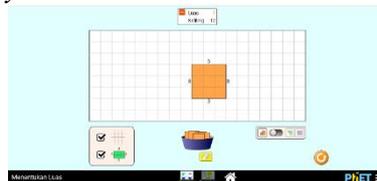


Gambar 4. Penerapan Prinsip *Coherence*

Prinsip *coherence* diterapkan dalam bentuk penggunaan elemen-elemen yang bersesuaian dengan materi yang diajarkan oleh guru. Multimedia digital yang digunakan disusun atas elemen-elemen yang disesuaikan dengan materi pembelajaran. Elemen-elemen yang berlebih dan tidak sesuai dengan informasi yang disajikan lebih baik dihilangkan. Penggunaan elemen yang sesuai dengan materi, membantu peserta didik untuk terfokus pada materi belajar saja [15]. Hal tersebut dapat meminimalkan penggunaan otak untuk hal-hal di luar pembelajaran.

Menghilangkan elemen yang tidak relevan atau mengganggu dari presentasi multimedia dapat mengurangi beban kognitif dan membantu peserta didik fokus pada informasi penting. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penerapan prinsip *coherence* secara signifikan meningkatkan kinerja belajar peserta didik dengan kapasitas memori kerja yang lebih rendah [16]. Peserta didik mampu mengingat dan memahami materi dengan lebih baik ketika prinsip-prinsip ini diterapkan. Terdapat sebuah kasus unik dalam temuan ini, yaitu adanya elemen-elemen tambahan diluar materi namun mendukung guru untuk menyampaikan pembelajaran. Elemen pendukung seperti audio opening atau animasi menjadi salah satu strategi guru untuk menarik perhatian peserta didik. Variasi dalam media pembelajaran dapat meningkatkan motivasi dan minat belajar peserta didik [17]. Pengembangan media flipbook digital menghasilkan media pembelajaran yang menarik dipadukan dengan kombinasi gambar, audio, dan video. Hal ini mampu menarik perhatian dan minat peserta didik [18].

1.5. Penerapan Prinsip Redundancy



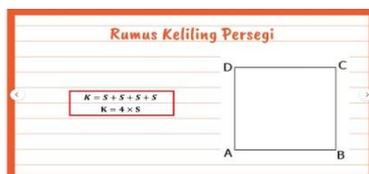
Gambar 5. Penerapan Prinsip *Redundancy*

Prinsip *redundancy* menekankan pada tidak perlunya penggunaan elemen yang berlebihan. Penggunaan elemen yang berlebihan bisa mengalihkan fokus peserta didik pada banyaknya elemen tersebut. Multimedia digital yang digunakan guru tidak banyak menggunakan elemen. Hal ini agar peserta didik fokus pada inti materi saja. Informasi yang disajikan secara redundan sering kali tidak membantu dan malah membebani kapasitas kognitif peserta didik, yang mengarah pada penurunan kinerja pembelajaran. Ketika informasi berlebihan disajikan, ini dapat menyebabkan kelebihan beban kognitif dan mengurangi efisiensi pembelajaran [19]. Terdapat kasus unik pada temuan ini yang berhubungan dengan prinsip sebelumnya. Adanya penambahan elemen pendukung dengan tetap

memperhatikan kuantitasnya menjadikan multimedia digital menjadi lebih menarik dan bervariasi. Media yang digunakan dalam pembelajaran mempengaruhi motivasi belajar peserta didik [20]. Media yang lebih variatif akan mudah menarik perhatian peserta didik sehingga, mereka memiliki keinginan

untuk belajar. Terdapat kondisi-kondisi khusus di mana redundansi dapat berguna [19]. Hal tersebut menunjukkan bahwa tidak selalu penambahan elemen di luar materi memiliki dampak negatif.

1.6. Penerapan Prinsip Signaling

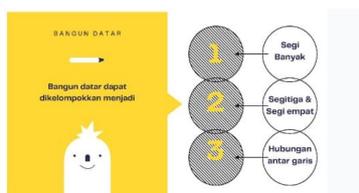


Gambar 6. Penerapan Prinsip *Signaling*

Prinsip *signaling* diterapkan dalam bentuk tanda khusus seperti kotak, warna merah, dan bold. Pemberian tanda pada bagian penting yang dilakukan berupa bold, warna merah, dan kotak. Menurut Penanda ini dapat berupa warna tertentu pada bagian penting. Penanda ini dapat berupa garis bawah, bold, warna merah, atau kotak di sekitar teks [15]. Pemberian tanda khusus berfungsi untuk memberikan penegasan kepada peserta didik bahwa bagian tersebut adalah penting, sehingga peserta didik perlu untuk mencatat dan mengingatnya.

Penggunaan elemen-elemen seperti penyorotan, warna, atau animasi untuk menarik perhatian peserta didik ke informasi penting dalam materi pembelajaran multimedia [21]. Tujuannya adalah untuk membantu peserta didik memfokuskan perhatian mereka pada aspek-aspek penting dari materi yang dipelajari. Pemberian tanda khusus memberikan kejelasan inti materi, sehingga peserta didik lebih cepat menerima dan memprosesnya. Penerapan prinsip *signaling* dalam multimedia dapat mengirimkan sinyal ke otak untuk lebih mengingat bagian yang diberikan penegasan [22]. Adanya penanda khusus dapat memberikan informasi bahwa bagian tersebut perlu diingat dan dicatat. Sejalan dengan Sahronih menemukan bahwa kelompok sinyal yang belajar menggunakan tanda khusus pada pembelajaran dapat mengingat lebih banyak dibandingkan dengan kelompok non-sinyal [23].

1.7. Penerapan Prinsip Segmenting



Gambar 7. Penerapan Prinsip *Segmenting*

Penerapan prinsip *segmenting* dalam multimedia digital yang digunakan guru berupa pemecahan materi menjadi sub-sub materi. Guru memecah materi bangun datar menjadi tiga bagian kecil, yaitu segi banyak, segitiga dan segi empat, hubungan antar garis. Memecah materi ke dalam sub bab membantu guru menyampaikan materi lebih efektif. Materi pembelajaran yang tersegmentasi yang dirancang melalui prinsip-prinsip multimedia dapat membuat pembelajaran menjadi lebih efektif dan meningkatkan keterlibatan peserta didik [24]. Mengorganisasi materi yang besar dalam sub bagian akan memudahkan peserta didik belajar secara terstruktur. Prinsip segmentasi multimedia yang melibatkan anak-anak pra sekolah menunjukkan bahwa penerapan prinsip *segmenting* mampu membantu anak-anak untuk memahami materi secara terstruktur [25]. Sejalan dengan Moreno dan Mayer yang menunjukkan bahwa memecah materi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan terkelola dengan baik dapat meningkatkan pemahaman informasi peserta didik [14].

1.8. Penerapan Prinsip Multimedia



Gambar 8. Penerapan Prinsip *Multimedia*

Prinsip multimedia diterapkan dalam bentuk kombinasi antara elemen-elemen yang sifatnya visual dan audio. Penerapan prinsip multimedia diterapkan dalam bentuk integrasi antara elemen yang bersifat visual dan audio. Peserta didik dapat memperoleh lebih banyak informasi dari dua elemen tersebut. Perpaduan visual dan audio memaksimalkan fungsi saluran ganda yang dimiliki peserta didik. Penggunaan elemen visual dan audio dalam pembelajaran multimedia dapat membantu memfasilitasi pemahaman dan retensi informasi [26]. Visualisasi data dan animasi, misalnya, dapat membuat konsep abstrak lebih konkret dan mudah dipahami.

Penerapan dua prinsip multimedia, yaitu kombinasi kata-kata (audio) dan gambar (visual) membantu menyerap informasi lebih baik daripada salah satunya saja [27]. Penerapan prinsip ini membuat pembelajaran lebih efektif, karena peserta didik dapat memaksimalkan penggunaan fungsi audio dan visual. Memaksimalkan dua saluran tersebut dapat membuat peserta didik menerima lebih banyak informasi. Cheah menjelaskan elemen-elemen multimedia dapat meningkatkan kualitas dan efektivitas pembelajaran jika digunakan dengan tepat [26]. Sejalan dengan Saeverot dan Torgersen bahwa manusia memiliki dua saluran yang dapat menerima informasi dengan kapasitas masing-masing. Penelitian yang dilakukannya menunjukkan bahwa anak yang menerima informasi dari dua saluran yaitu, visual dan audio dapat menerima informasi lebih banyak dan memiliki memori jangka Panjang [7].

1.9. Penerapan Prinsip Personalization



Gambar 9. Penerapan Prinsip *Personalization*

Prinsip *personalization* diterapkan dalam bentuk penggunaan bahasa percakapan atau sehari-hari kepada peserta didik. Penerapan prinsip ini dilakukan dengan menggunakan bahasa sehari-hari yang akrab dengan peserta didik. Bahasa keseharian dapat berupa bahasa percakapan informal atau bahasa daerah yang biasa digunakan. Menyampaikan informasi dalam gaya percakapan dan informal dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman peserta didik [28]. Gaya percakapan ini lebih dekat dengan peserta didik, yang dapat membuat peserta didik merasa lebih terhubung dengan materi pembelajaran. Penyampaian materi menggunakan bahasa yang sederhana akan mudah dipahami peserta didik. Prinsip personalisasi secara bertahap meningkatkan pemahaman dan retensi informasi, terutama bagi peserta didik yang memiliki minat tinggi dalam topik yang dipelajari [28]. Penggunaan bahasa sehari-hari akan lebih menyenangkan bagi peserta didik dan membuat sasana pembelajaran tidak kaku. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kartal dimana ia menguji penerapan prinsip personalisasi pada konten materi dengan variasi bahasa. Hasil dari penelitiannya menunjukkan bahwa, konten dengan gaya bahasa santai dan bersahabat jauh lebih diminati. Subjek penelitian juga diuji mengenai pemahaman mereka atas konten materi yang telah dipelajari, menurut hasil penelitian Kartal, mereka yang belajar melalui bahasa yang santai dan bersahabat menunjukkan pemahaman yang lebih baik [8].

1.10. Penerapan Prinsip Interactivity



Gambar 10. Penerapan Prinsip *Interactivity*

Prinsip *interactivity* diterapkan guru dalam bentuk kuis, latihan, atau simulasi yang melibatkan peserta didik. Tombol atau *tool* yang ada pada multimedia menjembatani peserta didik untuk berinteraksi dengan media belajar mereka. Melalui kuis, simulasi, atau permainan dapat membentuk interaksi dengan peserta didik [29]. Interaksi tersebut dibantu dengan bagian-bagian yang tersedia di dalam multimedia digital. Menu-menu yang disediakan multimedia beraneka ragam, menu materi untuk peserta didik belajar dan berinteraksi melalui *tool* pada bagian simulasi. Menu latihan atau kuis digunakan untuk menguji pemahaman peserta didik, mereka dapat berinteraksi dengan melalui *tool* yang tersedia. Elemen interaktif seperti simulasi dan kuis dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik dan memberikan umpan balik langsung, yang penting untuk proses belajar [26]. Penggunaan aplikasi simulasi, game edukasi, dan alat kolaborasi online (integrasi video, animasi, dan elemen permainan) dalam materi pembelajaran dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan peserta didik [30]. Interaksi langsung dengan media pembelajaran membantu peserta didik untuk lebih memahami materi yang sedang dipelajari. Multimedia interaktif mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi pembelajaran [31]. Didukung oleh Udin, penggunaan multimedia interaktif dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah pada peserta didik [32].

4. Kesimpulan

Hasil dan pembahasan penelitian mengenai penerapan prinsip-prinsip kognitif multimedia Mayer pada multimedia digital dalam pembelajaran di kelas IV SD Muhammadiyah Plus Salatiga dapat disimpulkan bahwa terdapat sepuluh prinsip yang diterapkan pada multimedia digital yang digunakan oleh guru selama pembelajaran. Prinsip-prinsip tersebut, yaitu *contiguity*, *spatial contiguity*, *temporal contiguity*, *coherence*, *redundancy*, *signaling*, *segmenting*, *multimedia*, *personalization*, dan *interactivity*. Terdapat dua prinsip yang belum ditemukan penerapannya pada multimedia digital yang digunakan guru selama pembelajaran, yaitu prinsip *pre-training* dan *modality*. Penerapan prinsip-prinsip Mayer pada multimedia digital yang digunakan selama pembelajaran dapat membantu peserta didik dalam memahami materi pembelajaran. Penerapan prinsip tersebut dapat mengurangi beban kognitif yang tidak diperlukan dalam menerima dan memahami materi. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan tentang penerapan prinsip-prinsip kognitif multimedia Mayer dalam konteks penggunaan multimedia digital di lingkungan pembelajaran. Selain itu diharapkan menjadi dasar dalam memanfaatkan multimedia digital yang dirancang berdasarkan prinsip-prinsip kognitif Mayer, seperti penggunaan dua saluran ganda (visual dan audio) dan penerapan prinsip-prinsipnya membuat peserta didik dapat lebih mudah memahami dan mengingat materi.

5. Referensi

- [1] I. G. S. Suci, I. Indrawan, H. Wijoyo, and F. Kurniawan 2020 *Transformasi Digital dan Gaya Belajar*. (Kab. Banyumas: CV. Pena Persada)
- [2] I. Indrawan, H. Wijoyo, I. M. wiguna, and E. Wardani 2020 *Media Pembelajaran Berbasis Multimedia*. (Kab. Banyumas: CV. Pena Persada)
- [3] D. Z. A. Syarif, J. Joharman, and R. Rokhmaniyah 2020 Penerapan Pendekatan Saintifik dengan Media Konkret dalam Peningkatan Kemampuan Memecahkan Masalah pada Matematika tentang Bangun Ruang pada Siswa Kelas IV SDN 2 Klapasawit Tahun Ajaran 2017/2018 *Kalam Cendekia: Jurnal Ilmiah Kependidikan*, **7(2)**
- [4] H. Fikri and A. S. Madona 2018 *Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Multimedia Interaktif*, 1st ed. (Yogyakarta: Penerbit Samudra Biru)
- [5] E. Wulansari 2023 Penerapan Model Quantum Teaching dengan Multimedia untuk Meningkatkan Kemampuan Berkomunikasi dan Hasil Belajar Siswa Kelas V SDN 1

- Kuwayuhan Tahun Ajaran 2022/2023 Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- [6] R. E. Mayer 2014 *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. (Cambridge University Press)
- [7] H. Saeverot and G.-E. Torgersen 2016 Individual Differences in Visual and Verbal Channel Capacity and Learning Outcome from Film and Text *Creat Educ*, **7(18)**, 2845–2867
- [8] G. Kartal 2010, Does Language Matter in Multimedia Learning? Personalization Principle Revisited *J Educ Psychol*, **102 (3)**, 615–624
- [9] Sugiyono 2019 *Metode Penelitian Kualitatif dan R&D*, 2nd ed. (Bandung: ALFABETA)
- [10] R. C. Clark, R. E. Mayer, and W. Thalheimer 2001 E-learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning *Performance Improvement*, **42 (5)**, 41–43
- [11] S. D. Craig, J. Twyford, N. Irigoyen, and S. A. Zipp 2015 A Test of Spatial Contiguity for Virtual Human's Gestures in Multimedia Learning Environments *Journal of Educational Computing Research*, **53 (1)**, 3–14
- [12] S. Paek, D. L. Hoffman, and A. Saravanos 2017 Spatial Contiguity and Incidental Learning in Multimedia environments *British Journal of Educational Technology*, **48 (6)**, 1390–1401
- [13] S. Ge, C. Hai Leng, and S. M. Baharudin 2022 The Effect of Multimedia and Temporal Contiguity Principles on Students' Attitude and Retention in Learning Japanese Language *International Journal of Chinese Education*, **11 (2)**
- [14] R. Moreno and R. Mayer 2007 Interactive Multimodal Learning Environments *Educ Psychol Rev*, **19 (3)**, 309–326
- [15] R. E. Mayer and L. Fiorella 2014 Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles in *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, Cambridge University Press, 279–315
- [16] B. Fenesi, E. Kramer, and J. A. Kim 2016 Split-Attention and Coherence Principles in Multimedia Instruction Can Rescue Performance for Learners with Lower Working Memory Capacity,” *Appl Cogn Psychol*, **30 (5)**, 691–699
- [17] P. Maharani 2018 Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif Menggunakan Construct 2 tentang Suhu dan Kalor untuk Siswa Kelas X SMA Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung, Lampung
- [18] H. T. Hapsari, R. Riyadi, and T. Budiharto 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)**
- [19] S. Kalyuga and J. Sweller 2014 The Redundancy Principle in Multimedia Learning in *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, Cambridge University Press, 247–262
- [20] W. Wulansari, M. Musta'in, and F. Vifri Ismiriyam 2022 Peningkatan Konsentrasi Belajar pada Siswa melalui Pemanfaatan Metode Belajar Sensorimotor dengan Kombinasi Senam Latih Otak *Jurnal Pengabdian Perawat*, **1 (2)**, 50–57
- [21] T. van Gog 2014 The Signaling (or Cueing) Principle in Multimedia Learning in *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. (Cambridge University Press), 263–278
- [22] E. Kutbay 2016 An Investigation of Modality, Redundancy and Signaling Effects in Multimedia Learning with Abstract and Concrete Representation *Bogazici University*
- [23] S. Sahronih, A. Purwanto, and M. S. Sumantri 2019 The Effect of Interactive Learning Media on Students' Science Learning Outcomes in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, 20–24
- [24] R. Mehta, C. Santacruz, and B. Lischy 2024 A Systematic Literature Review on The Intersection of Experiential and Multimedia Learning with Virtual Reality and Its Implication *Aresty Rutgers Undergraduate Reserch Journal*, **1 (5)**, 5–6
- [25] A. Abdul Mutalib and Y. Jaafar 2018 Segmenting Principle Engages Pre-School Children with Multimedia Learning Material *The Journal of Social Sciences Research*, 791–800
- [26] C.-S. Cheah 2022 The importance of multimedia elements in learning and the impact of redundancy principle in developing effective multimedia learning materials: a literature review *Journal of Educational Sciences & Psychology*, **12 (2)**, 3–12, 2022

- [27] K. Dawson *et al.* 2021 The Influence of the Multimedia and Modality Principles on the Learning Outcomes, Satisfaction, and Mental Effort of College Students with and without Dyslexia *Ann Dyslexia*, **71 (1)**, 188–210
- [28] C. Schrader, M. Reichelt, and S. Zander 2018 The Effect of the Personalization Principle on Multimedia Learning: the role of Student Individual Interests as a Predictor *Educational Technology Research and Development*, **66 (6)**, 1387–1397
- [29] R. E. Mayer 2014 Cognitive Theory of Multimedia Learning in *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, Cambridge University Press, 43–71
- [30] J. Digout and H. El Samra 2023 Interactivity and Engagement Tactics and Tools in *Governance in Higher Education*, Cham: Springer Nature Switzerland, 151–169
- [31] R. N. Udin 2023 Penggunaan multimedia interaktif untuk meningkatkan keterampilan pemecahan masalah geometri peserta didik kelas v sekolah dasar *Didaktika Dwija Indria*, **11 (1)**
- [32] M. A. Umairoh, S. Marmoah, and Hartono 2022 Penggunaan Multimedia Interaktif untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Keliling dan Luas Bangun Datar pada Peserta Didik Kelas IV Sekolah Dasar *Didaktika Dwija Indria*, **7 (1)**, 44–49