

Pengembangan media pembelajaran ditinjau dari *modality effect* untuk meningkatkan multipel representasi siswa

¹Novia Nur Alifah, ²Nizaruddin, ³Yanuar Hery Murtianto

^{1,2,3}FPMIPATI, Universitas PGRI Semarang

Email korespondensi: novia69a@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas *modality effect*, yaitu manfaat kognitif dari penyampaian informasi melalui saluran sensorik visual dan auditori, terhadap kemampuan multipel representasi siswa, yang mencakup pemahaman melalui berbagai format (verbal, visual, matematis). Penelitian dilakukan pada siswa kelas VII di salah satu SMP Negeri Kota Semarang dengan model ADDIE dan menggunakan dokumentasi, angket, serta tes sebagai metode pengumpulan data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan memiliki validitas tinggi (validasi ahli media: 94,44%, ahli materi: 89,78%), efektif dalam meningkatkan kemampuan multipel representasi siswa (ANOVA: $F_{hitung} = 41,2372 > F_{tabel} = 3,0882$; ketuntasan belajar: 91,17%; N-Gain: 0,7162), dan dinilai praktis oleh siswa (81%). Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan *modality effect* secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa melalui berbagai representasi informasi.

Kata kunci: *modality effect*; multipel representasi; pengembangan

Abstract

This study aims to examine the effectiveness of the modality effect, which refers to the cognitive benefits of delivering information through both visual and auditory sensory channels, on students' multiple representation abilities, encompassing understanding through various formats (verbal, visual, mathematical). The research was conducted on seventh-grade students at a public junior high school in Semarang City using the ADDIE model and employed documentation, questionnaires, and tests as data collection methods. The findings indicate that the developed learning media have high validity (media expert validation: 94.44%, content expert validation: 89.78%), are effective in enhancing students' multiple representation abilities (ANOVA: $F_{calculated} = 41.2372 > F_{table} = 3.0882$; learning mastery: 91.17%; N-Gain: 0.7162), and are considered practical by students (81%). These findings suggest that the application of the modality effect significantly improves students' understanding through various representations of information.

Keywords: *modality effect*; multiple representations; development

A. Pendahuluan

Media pembelajaran sangat penting dalam pendidikan karena menyampaikan pesan-pesan krusial tentang tujuan pembelajaran kepada siswa. Memahami dan menggunakan media pembelajaran yang tepat kunci dalam meningkatkan efektivitas pembelajaran (Widodo & Wahyudin, 2018). Penelitian oleh Mawarinda (2022) menunjukkan bahwa multimedia interaktif seperti *PowerPoint* dapat efektif digunakan oleh siswa dalam

pembelajaran matematika. Penggunaan *PowerPoint* dan materi pembelajaran harus berfokus pada siswa (*learner-centered*) dan disajikan sesuai prinsip-prinsip pembelajaran efektif (Sari, 2022). Dalam era perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang terus berlanjut, peran penting matematika dalam pendidikan tidak dapat disangkal (Sari, 2018). Pemilihan media pembelajaran harus mempertimbangkan perkembangan kognitif siswa, terutama dalam pembelajaran matematika, untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran.

Siswa sering kesulitan memahami matematika karena abstraksinya, terutama sebelum tahap operasi formal berpikir, serta dalam mengubah informasi masalah ke bentuk matematika. Guru di salah satu SMP Negeri Kota Semarang juga menyatakan hal ini. Penggunaan media pembelajaran semi-konkrit penting untuk membantu siswa dalam tahap perkembangan kognitif ini memahami matematika lebih baik (Mauliya, 2019). Siswa dengan kesulitan belajar matematika sering memiliki gangguan persepsi visual dan kurangnya minat serta motivasi dalam belajar matematika (Yuliardi, 2017). Merancang media pembelajaran yang lebih baik untuk mendukung pembelajaran yang optimal dan membangun pengetahuan dengan prinsip *modality effect*. Tujuannya adalah agar siswa merasa senang serta bersemangat dalam proses belajar (Winarso & Haqq, 2019).

Modality effect terjadi saat dua sumber informasi yang berbeda sulit dipahami karena menggunakan modalitas yang berbeda, misalnya visual dan auditori (Richardo & Cahdriyana, 2021). Studi lapangan perlu dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas metode ini dalam mengurangi beban kognitif siswa (Sholihah, 2022). Penggunaan narasi suara dengan konten visual dalam multimedia pembelajaran efektif untuk meningkatkan pemahaman siswa, mengurangi beban kognitif yang tidak relevan bagi siswa, serta mendukung pendekatan multipel representasi dalam mengajar mereka (Kutbay & Akpınar, 2020; Ollesch et al., 2017).

Hasil penelitian Hutagaol (2019), menunjukkan pentingnya pendekatan multipel representasi dalam meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah matematis. Pendekatan ini mengajarkan konsep dengan berbagai cara, memberikan keuntungan sebagai pelengkap, penghalang interpretasi, dan dalam meningkatkan pemahaman. Penggunaan berbagai bentuk representasi membantu siswa mengintegrasikan informasi untuk memecahkan masalah dengan lebih baik (Nizaruddin et al. 2017).

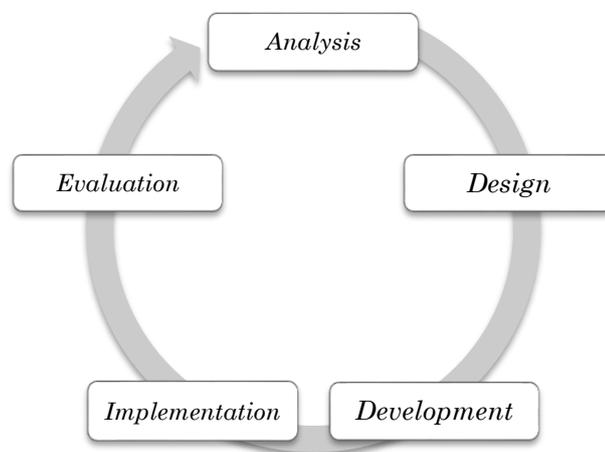
Kemampuan multipel representasi sangat penting dalam pemecahan masalah matematika, menggunakan representasi visual, verbal, dan matematis untuk menyelesaikan masalah secara komprehensif (Afriyani et al. 2018; Niko et al., 2018). Representasi ini saling melengkapi: representasi matematis memperkuat representasi gambar, dan representasi gambar memperkuat representasi visual (Murtianto & Zuhri, 2020). Berdasarkan penelitian Permatasari et al (2021), siswa sering membuat kesalahan dalam presentasi matematis, termasuk kesalahan konseptual, prosedural, dan

teknikal pada tahap kastolan. Karenanya, guru harus mendukung siswa dalam meningkatkan keterampilan representasi matematis mereka (Kusumaningsih et al., 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan validitas, efektivitas, serta kepraktisan dari media pembelajaran ditinjau dari *modality effect* untuk meningkatkan multipel representasi siswa.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan metode R&D (*Research & Development*) yang diusulkan oleh Borg & Gall untuk menciptakan, mengevaluasi efektivitas, dan mengembangkan produk pendidikan (Gall et al., 2014). Penelitian ini dilakukan mengikuti prosedur pengembangan berdasarkan model desain pembelajaran ADDIE (Curry et al., 2021), dengan Tahap pertama adalah analisis (*analysis*), di mana peneliti menganalisis masalah dan kebutuhan siswa. Tahap kedua, perancangan (*design*), melibatkan aspek seperti pemilihan warna latar belakang, pemilihan jenis huruf dan ukuran, serta penentuan ilustrasi dan elemen interaktif. Tahap ketiga melibatkan pengembangan (*develop*), yang mencakup validasi oleh ahli dan uji coba produk. Tahap keempat, implementasi (*implement*), melibatkan mencoba produk dalam situasi nyata. Terakhir, tahap kelima adalah evaluasi (*evaluation*), yang bertujuan untuk memperbaiki kekurangan produk berdasarkan data yang diperoleh. Bagan 1 di bawah menunjukkan tahapan model ADDIE secara visual.



Bagan 1. Tahapan Model ADDIE

Fokus penelitian ini adalah siswa dari salah satu SMP Negeri di Kota Semarang. Sampel diambil dengan teknik *simple random sampling*, yang memberikan setiap anggota populasi peluang yang sama untuk dipilih tanpa mempertimbangkan kelompok atau strata. Tiga kelas dipilih secara acak: VII A sebagai kelompok eksperimen 1, VII B sebagai kelompok eksperimen 2, dan VII C sebagai kelompok kontrol. Proses pemilihan dan pengacakan kelas

bertujuan memastikan setiap kelas memiliki kesempatan yang setara untuk terlibat dalam penelitian. Tabel 1 berikut adalah data sampel dari penelitian ini.

Tabel 1. Data Sampel

Kelompok	Laki-laki	Perempuan	\bar{X}	σ
E1	13	21	12,94	0,3430
E2	20	14	13,12	0,3270
K	16	18	13,09	0,4518

Tabel 1. menunjukkan data sampel dari penelitian ini. Dalam tabel tersebut, disajikan jumlah siswa laki-laki dan perempuan untuk masing-masing kelompok, yaitu eksperimen 1 (E1), eksperimen 2 (E2), dan kelompok kontrol (K). Selain itu, tabel ini juga mencantumkan nilai rata-rata umur dan deviasi standar untuk setiap kelompok. Kelompok E1 terdiri dari 13 laki-laki dan 21 perempuan dengan rata-rata umur 12,94 dan deviasi standar 0,3430. Kelompok E2 memiliki 20 laki-laki dan 14 perempuan dengan rata-rata umur 13,12 dan deviasi standar 0,3270. Kelompok kontrol (K) terdiri dari 16 laki-laki dan 18 perempuan, dengan rata-rata umur 13,09 dan deviasi standar 0,4518.

Penelitian ini berlangsung mulai Februari sampai Maret 2024. Metode pengumpulan data mencakup dokumentasi, angket dan tes. Dengan fokus pada keabsahan data, aspek yang diperhatikan meliputi validitas, reliabilitas, taraf kesukaran, dan daya pembeda. Data dianalisis melalui tahap awal dan tahap akhir yang memuat pengujian normalitas, homogenitas, anova satu arah, ketuntasan belajar individual (KBI), ketuntasan belajar klasikal (KBK), serta n-gain.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil

Pengembangan media pembelajaran ditinjau dari *modality effect* untuk meningkatkan multipel representasi siswa dilakukan dengan menerapkan model ADDIE, dengan lima tahap:

Tahap 1: *analyze* (analisis)

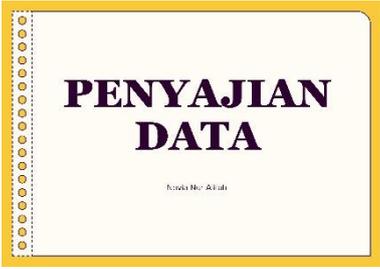
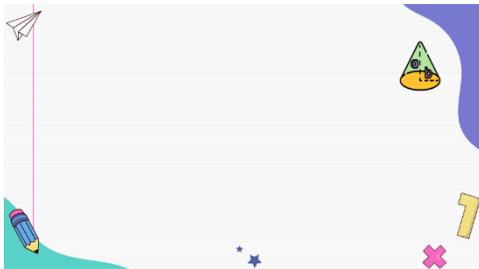
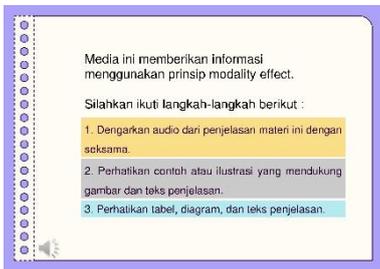
Tahap analisis adalah langkah awal yang dilakukan peneliti, di mana dilakukan studi pendahuluan dan analisis kebutuhan. Peneliti mengobservasi dan mewawancarai seorang guru matematika. Hasilnya menunjukkan bahwa kurangnya inovasi dan variasi dalam media serta pendekatan pembelajaran adalah masalah utama. Sebagai solusinya, peneliti mengembangkan media pembelajaran kreatif dan inovatif berdasarkan *modality effect*.

Tahap 2: *design* (perancangan)

Hasil utama dari penelitian dan pengembangan ini yaitu penciptaan sebuah media pembelajaran yang dirancang khusus dengan mempertimbangkan *modality effect*, yang telah melalui proses validasi oleh para ahli terkait. Sebagai contoh, tampilan media pembelajaran ini

tergambar dengan jelas pada gambar 2 berikut, menunjukkan integrasi efektif antara audio, visual, dan elemen interaktif untuk memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih mendalam dan berinteraksi bagi pengguna.

Tabel 2. Hasil Pengembangan Produk

No	Non-Modality Effect	Modality Effect
1	 <p>Media menggunakan materi “penyajian data” dengan latar belakang yang tidak sesuai, sehingga membebani saluran visual siswa.</p>	 <p>Media menggunakan template berbeda yang tidak membebani saluran visual siswa</p>
2	 <p>Pada media belum terdapat audio dan panduan penggunaan dari prinsip <i>modality effect</i>.</p>	 <p>Ada audio berupa dubbing peneliti dan petunjuk penggunaan sesuai prinsip <i>modality effect</i>.</p>
3	 <p>Tidak ada elemen interaktif pada <i>PowerPoint</i>.</p>	 <p>Ada elemen interaktif pada <i>PowerPoint</i> untuk memudahkan siswa memahami pembelajaran.</p>

Berdasarkan tabel 2. Menunjukkan bahwa *Modality effect* menggunakan kombinasi modalitas visual dan auditori, mengurangi beban kognitif, dan meningkatkan efisiensi, pemahaman, dan retensi informasi. Sebaliknya, *non-modality effect* hanya menggunakan satu modalitas, meningkatkan beban kognitif, dan cenderung menurunkan efisiensi, pemahaman, dan retensi informasi.

Tahap 3: *development* (pengembangan)

Pada tahap pengembangan, peneliti menyempurnakan rancangan media pembelajaran. Produk kemudian diperbaiki berdasarkan saran validator untuk memastikan kualitas dan kelayakannya.

Ahli media menilai media pembelajaran yang telah dibuat, mengevaluasi aspek tampilan seperti grafik warna, gambar, dan huruf. Validasi dilakukan oleh ahli dalam bidangnya masing-masing. Validator ahli memberikan penilaian total 94,44% terhadap semua aspek media pembelajaran, yang diklasifikasikan sebagai sangat baik (81%-100%). Media pembelajaran tersebut dianggap valid. Validator ahli materi memberikan penilaian keseluruhan 89,78%, juga dalam kategori sangat baik. Berdasarkan analisis ini, media pembelajaran yang dibuat valid sehingga layak digunakan di kelas VII SMP.

Tahap 4: *implementation* (implementasi)

Untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran, tiga kelas dipilih sebagai sampel: kelas eksperimen 1, eksperimen 2, dan kontrol. Mereka menerima perlakuan beda dalam penyajian materi: eksperimen 1 dengan media *modality effect*, eksperimen 2 dengan media *non-modality effect*, dan kontrol dengan pembelajaran konvensional. Data *pre-test* menunjukkan distribusi normal dan homogenitas di antara ketiga kelas, dengan kondisi awal yang seragam. Setelah perlakuan, *post-test* dimaksudkan untuk mengevaluasi kemampuan representasi siswa, dengan soal sebelumnya telah diverifikasi validitas, reliabilitas, kesukaran, dan daya pembeda yang memadai.

Kemudian dilaksanakan analisis tahap akhir akhir dengan melibatkan pengujian normalitas, homogenitas, anova satu arah, ketuntasan belajar individual (KBI), ketuntasan belajar klasikal (KBK), serta n-gain. Uji normalitas memperlihatkan bahwa setiap sampel berasal dari populasi dengan distribusi normal. Setelah memastikan bahwa semua sampel memiliki distribusi normal, langkah berikutnya yaitu melakukan uji homogenitas.

Pengujian homogenitas digunakan untuk menentukan apakah varians di antara ketiga kelompok tersebut sama atau tidak. Hal ini penting untuk memastikan bahwa asumsi homogenitas varians terpenuhi sebelum melakukan analisis lanjutan seperti uji anova. Tabel berikut menunjukkan hasil perhitungan uji homogenitas data akhir.

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas Data Akhir

Kelas	N	X^2_{hitung}	X^2_{tabel}	Kesimpulan
Eksperimen 1	34	5,8289	5,9915	Homogen
Eksperimen 2	34			
Kontrol	34			

Berdasarkan tabel 3. di atas menunjukkan hasil perhitungan diperoleh $X^2_{hitung}=5,8289$ dengan $\alpha = 5\%$ dan $X^2_{tabel} = 5,99$. Karena $X^2_{hitung} < X^2_{tabel}$ yaitu $5,8289 < 5,99$, H_0 diterima. Dengan demikian, ketiga sampel, yakni kelas eksperimen 1, kelas eksperimen 2, dan kelas kontrol mempunyai varians yang seragam (homogen).

Media pembelajaran efektif jika kelas eksperimen mempunyai hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kelas kontrol. Hal tersebut dapat diketahui dari uji anova satu arah, uji ketuntasan belajar klasikal, dan uji N-Gain. Tabel 4. menunjukkan hasil dari perhitungan uji anova.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Uji Anova Data Akhir

Sumber Variasi	dk	JK	KT	F
Rata-rata	1	559588,48	559588,48	41,2372
Antar Kelompok	2	14286,3503	7143,17517	
Dalam Kelompok	99	17148,9255	173,221469	
Total	102	591023,756		

Tabel 4. menunjukkan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dan dk (2;99), nilai F_{tabel} adalah 3,0882. Hasil uji anova satu arah data akhir menunjukkan bahwa H_0 ditolak karena nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ yaitu $41,2372 > 3,0882$. Kesimpulannya, bahwa terdapat perbedaan efektivitas yang signifikan (nyata) dari ketiga sampel yaitu kelas eksperimen 1, kelas eksperimen 2, dan kelas kontrol.

Ketuntasan hasil belajar siswa merupakan salah satu yang digunakan untuk mengetahui keefektifan pembelajaran. Ketuntasan hasil belajar terdiri dari 2 jenis, yaitu ketuntasan belajar individu dan ketuntasan belajar klasikal yang disajikan pada table 5.

Tabel 5. ketuntasan belajar individu

Jumlah siswa = 34	Kelas Kontrol	Kelas Eksperimen 1	Kelas Eksperimen 2
Tuntas	6	31	26
Belum Tuntas	26	3	8

Tabel 5. menunjukkan bahwa di kelas kontrol, 6 dari 34 siswa tuntas, sedangkan 26 belum tuntas. Di kelas eksperimen 1, 31 siswa tuntas dan 3 belum tuntas, sedangkan di kelas eksperimen 2, 26 siswa tuntas dan 8 belum tuntas. Ini menunjukkan bahwa kelas eksperimen memiliki tingkat ketuntasan belajar yang lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol.

Tabel 6. ketuntasan belajar klasikal

Kelas	X	N	Persentase (%)	Kategori
Eksperimen 1	31	34	91,17	Tuntas
Eksperimen 2	26	34	76,47	Tuntas
Kontrol	6	34	17,64	Belum Tuntas

Berdasarkan tabel 6. menunjukkan bahwa ketuntasan belajar klasikal dihitung dari hasil kelas eksperimen 1 (91,17%) dan eksperimen 2 (76,47%) yang menggunakan multimedia dalam pembelajaran. Dari data tersebut, siswa di kelas eksperimen 1 mencapai ketuntasan dengan 31 siswa memenuhi KKM secara individual, sementara di kelas eksperimen 2, 26 siswa mencapai KKM secara individual. Dengan demikian, kedua kelas berhasil mencapai ketuntasan baik secara klasikal maupun individual.

Uji N-Gain dilakukan untuk mengetahui peningkatan kemampuan siswa. Peningkatan dilihat dari nilai *pre test* dan *post test* yang kemudian dihitung menggunakan uji N-Gain. Hasil analisis uji N-Gain dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Analisis Uji N-Gain

No	Kelas	N-Gain	Kategori	Keterangan
1	Eksperimen 1	0,7162	Tinggi	Cukup Efektif
2	Eksperimen 2	0,6571	Sedang	Cukup Efektif
3	Kontrol	0,2891	Rendah	Kurang Efektif

Berdasarkan Tabel 7. hasil uji N-Gain menunjukkan bahwa kelas eksperimen 1 mencapai 0,7162 (kategori tinggi), sementara kelas eksperimen 2 mencapai 0,6571 (kategori sedang), dan kelas kontrol mencapai 0,2891 (kategori rendah). Oleh karena itu, uji N-Gain dapat dikatakan efektif.

Tahap 5: evaluation (evaluasi)

Setelah pembelajaran dengan media yang dikembangkan pada kelas eksperimen 1 dan dilakukan *post-test*, hasil angket menunjukkan pencapaian 81% dengan kriteria sangat baik, menegaskan kepraktisan media pembelajaran ini dalam meningkatkan multipel representasi.

2. Pembahasan

Penelitian ini menilai validitas, efektivitas, dan kepraktisan model *modality effect* untuk meningkatkan kemampuan multipel representasi siswa dan membandingkannya dengan media non-*modality effect* serta pembelajaran konvensional. Media divalidasi dengan persentase 94,44% dan 89,78%, menunjukkan kriteria sangat baik.

Menurut Lintang et al (2017), media efektif jika hasil tes kelas eksperimen lebih baik, ketuntasan belajar klasikal $\geq 75\%$, dan ada peningkatan. Uji anova menunjukkan $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($41,2372 > 3,0882$), mengindikasikan perbedaan signifikan dalam kemampuan multipel representasi. Greenberg et al (2021) mendukung bahwa media *modality effect* lebih efektif dibandingkan desain *single modality*.

Uji n-gain menunjukkan peningkatan kemampuan di kelas eksperimen 1 (0,7162) lebih baik dibandingkan kelas eksperimen 2 (0,6571) dan kelas kontrol. Rata-rata hasil belajar lebih tinggi di kelas *modality effect*, didukung oleh (Kutbay & Akpınar (2020) dan Tafonao (2018) yang menilai *modality effect* efektif dengan animasi multimedia. Richardo & Cahdriyana (2021) menambahkan bahwa multimedia lebih memudahkan pemahaman dibanding metode konvensional. Sholihah (2022) dan Kemdikbud (2009) menyatakan bahwa multimedia dengan visualisasi dan auditori, seperti animasi dan narasi, lebih efektif.

Ketuntasan belajar klasikal di kelas eksperimen 1 mencapai 91,17% dan di kelas eksperimen 2 mencapai 76,47%, dengan siswa di kedua kelas mencapai ketuntasan individu. Hasil ini didukung oleh (Coring & Nafiah (2019) yang melaporkan peningkatan ketuntasan setelah menggunakan multimedia.

Angket di kelas eksperimen 1 menunjukkan pencapaian 81%, menandakan media tersebut layak dan praktis (Sinaga et al., 2023). Kemampuan multipel representasi, melibatkan visual, verbal, dan matematis, meningkatkan pemahaman dan hasil belajar dibandingkan metode konvensional (Kusumawati et al., 2019; Niko et al., 2018). Penggunaan media yang memperhatikan *modality effect* dianjurkan untuk hasil belajar optimal.

D. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pengembangan media pembelajaran berdasarkan *modality effect* untuk meningkatkan multipel representasi siswa dinyatakan valid dengan nilai validasi ahli media sebesar 94,44% dan ahli materi sebesar 89,78%, dalam kategori sangat baik. Selain itu, pengembangan ini juga efektif karena hasil belajar siswa kelas eksperimen 1 lebih baik daripada kelas eksperimen 2 dan kelas kontrol, dengan $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($41,2372 > 3,0882$) dalam uji anova, serta mencapai ketuntasan belajar klasikal dengan persentase 91,17%. Peningkatan multipel representasi siswa juga signifikan, dengan peningkatan N-Gain sebesar 0,7162 dalam kategori

tinggi. Angket siswa menunjukkan persentase kelayakan media pembelajaran sebesar 81%, yang juga tergolong dalam kategori sangat baik untuk nilai kepraktisan media pembelajaran ini. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam pengembangan media pembelajaran berdasarkan *modality effect* untuk meningkatkan multipel representasi siswa. Hasilnya diharapkan menjadi referensi penting dan memberikan wawasan tentang penerapan *modality effect* dalam media pembelajaran.

E. Daftar Pustaka

- Afriyani, D., Sa'dijah, C., Subanji, S., & Muksar, M. (2018). Characteristics of Students' Mathematical Understanding in Solving Multiple Representation Task based on Solo Taxonomy. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 13(3), 281–287. <https://doi.org/10.12973/iejme/3920>
- Coring, F. B., & Nafiah. (2019). Pengaruh Penggunaan Multimedia terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas IV pada Mata Pelajaran Bahasa Inggris Kurikulum Cambridge di Sekolah Dasar Khadijah Surabaya. *Child Education Journal*, 1(1), 8–19. <https://doi.org/10.33086/cej.v1i1.863>
- Curry, J. H., Johnson, S., & Peacock, R. (2021). Robert Gagné and the Systematic Design of Instruction. *Design for Learning*, 281–291. https://edtechbooks.org/id/robert_gagn_and_systematic_design
- Gall, J. P., Gall, M. D., & Borg, W. R. (2014). Applying Educational Research: How to Read, Do, and Use Research to Solve Problems of Practice. In *New York and London. Longman publishing Inc.*
- Greenberg, K., Zheng, R., Gardner, M., & Orr, M. (2021). Individual differences in visuospatial working memory capacity influence the modality effect. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(3), 735–744. <https://doi.org/10.1111/jcal.12519>
- Hutagaol, K. (2019). *Strategi Multi Representasi Untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa*. 02(2), 90–100. <https://doi.org/10.35974/jpd.v2i2.875>
- Kemdikbud. (2009). Multimedia Pembelajaran. <https://lmsspada.kemdikbud.go.id/>, 20–70.
- Kusumaningsih, W., Darhim, Herman, T., & Turmudi. (2018). Improvement Algebraic Thinking Ability Using Multiple Representation Strategy on Realistic Mathematics Education. *Journal on Mathematics Education*, 9(2), 281–290. <https://doi.org/10.22342/jme.9.2.5404.281-290>
- Kusumawati, E., Dwijayanti, I., & Rasiman. (2019). Analisis Kemampuan Multiple Representasi Matematis Siswa SMP VII Berdasarkan Teori Multiple Intelligences. *Seminar Nasional Matematika dan Pendidikan Matematika, 20 Agustus 2019*, 27–33.
- Kutbay, E., & Akpınar, Y. (2020). Investigating modality, redundancy and signaling principles with abstract and concrete representation. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 8(1), 131–145. <https://doi.org/10.46328/ijemst.v8i2.710>

- Lintang, A. C., Masrukan, M., & Wardani, S. (2017). PBL dengan APM untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah dan Sikap Percaya Diri. *Journal of Primary Education*, 6(1), 27–34. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jpe>
- Mauliya, A. (2019). Perkembangan Kognitif pada Peserta Didik SMP (Sekolah Menengah Pertama) Menurut Jean Piaget. *ScienceEdu*, II(2), 86. <https://doi.org/10.19184/se.v2i2.15059>
- Mawarinda, I., & Andayani, S. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Powerpoint Interaktif Berbasis Realistic Mathematic Education (Rme) Disertai Game. *EMTEKA: Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(2), 219–227. <https://doi.org/10.24127/emteka.v3i2.1325>
- Murtianto, Y. H., & Zuhri, M. S. (2020). Multipel representasi matematis mahasiswa calon guru matematika dalam memahami konsep integral ditinjau dari kecerdasan verbal linguistik. *AKSIOMA: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 11(2), 296–305. <https://doi.org/10.26877/aks.v11i2.6731>
- Niko, Wahyuni, R., & Nurhayati; (2018). Analisis Kemampuan Multi Representasi Matematis Ditinjau dari Motivasi Belajar Siswa Pada Materi Teorema Phytagoras Kelas IX SMP Negeri 12 Singkawang. *Journal of Educational Review and Research*, 1(2), 92–99. <https://doi.org/10.26737/jerr.v1i2.1676>
- Nizaruddin, Muhtarom, & Murtianto, Y. H. (2017). Exploring of multi mathematical representation capability in problem solving on senior high school students. *Problems of Education in the 21st Century*, 75(6), 591–598. <https://doi.org/10.33225/pec/17.75.591>
- Ollesch, J., Grünig, F., Dörfler, T., & Heidelberg, M. (2017). Teaching mathematics with multimedia-based representations-what about teachers' competencies? *Cerme 10*, 3976–3983.
- Permatasari, P. I., Sadijah, C., & Chandra, T. D. (2021). Analisis Kesalahan Representasi Matematis Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Open-Ended Materi SMP Aritmetika Sosial. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 6(3), 527. <https://doi.org/10.28926/briliant.v6i3.670>
- Richardo, R., & Cahdriyana, R. A. (2021). Strategi Meminimalkan Beban Kognitif Eksternal dalam Pembelajaran Matematika Berdasarkan Load Cognitive Theory. *Humanika*, 21(1), 17–32. <https://doi.org/10.21831/hum.v21i1.38228>
- Sari, F. F. (2022). Pembelajaran Dasar-Dasar Statistik Mengacu pada Teori Beban Kognitif (Cognitive Load Theory) untuk Meningkatkan Hasil Belajar. *Media Pendidikan Matematika*, 10(2), 31. <https://doi.org/10.33394/mpm.v10i2.6531>
- Sari, N. Y. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Berbantuan Software Swishmax Pada Bahasan Bangun Ruang Sisi Datar. *AKSIOMA: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 9(2), 72–83. <https://doi.org/10.26877/aks.v9i2.2907>
- Sholihah, D. A. (2022). Strategi Pembelajaran Matematika Berdasarkan

- Cognitive Load Theory untuk Meminimalkan Extraneous Cognitive Load. *EQUALS: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 5(1), 13–23. <https://doi.org/10.46918/equals.v5i1.1197>
- Sinaga, W. S. E., Yusnaidar, Y., Syahri, W., & Muhaimin, M. (2023). Pengembangan Multimedia Interaktif Berbentuk Aplikasi Android Berbasis Multipel Representasi pada Materi Keseimbangan Kimia. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 17(2), 81–91. <https://doi.org/10.15294/jipk.v17i2.37602>
- Tafonao, T. (2018). Peranan Media Pembelajaran dalam Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa. *Jurnal Komunikasi Pendidikan*, 2(2), 103. <https://doi.org/10.32585/jkp.v2i2.113>
- Widodo, S. A., & Wahyudin. (2018). Selection of Learning Media Mathematics for Junior School Students. *Turkish Online Journal of Educational Technology - TOJET*, 17(1), 154–160. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1165728>
- Winarso, W., & Haqq, A. A. (2019). Psychological disposition of student; Mathematics anxiety versus happiness learning on the level education. *International Journal of Trends in Mathematics Education Research*, 2(1), 19–25. <https://doi.org/10.33122/ijtmer.v2i1.32>
- Yuliardi, R. (2017). Analisis Terhadap Kesulitan Belajar Matematika Siswa Ditinjau Dari Aspek Psikologi Kognitif. *Diponegoro Journal of Accounting*, 2(1), 2–6.