

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES

**PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO**

Table Of Contents

Journal Cover	1
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact.....	5
Cite this article.....	5
Title page	6
Article Title.....	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	7

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licences/by/4.0/legalcode>

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 27 No. 1 (2026): January

DOI: 10.21070/ijins.v27i1.1875

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

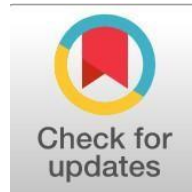
Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Web-Based Educational Game Development Using Deep Learning for Fractions

Pengembangan Game Edukasi Berbasis Web dengan Deep Learning pada Pecahan

Rini Rosmiati, rinirosmiati04@gmail.com, (1)

Program Studi Teknologi Pendidikan S2, Institut Pendidikan Indonesia Garut, Indonesia

Wahyudin Wahyudin, rinirosmiati04@gmail.com, 0

Program Studi Teknologi Pendidikan S2, Institut Pendidikan Indonesia Garut, Indonesia

Akhmad Margana, rinirosmiati04@gmail.com, 0

Program Studi Teknologi Pendidikan S2, Institut Pendidikan Indonesia Garut, Indonesia

⁽¹⁾ Corresponding author

Abstract

General Background: Mathematics learning in elementary schools requires learning media that support conceptual understanding through interactive and technology-based approaches. **Specific Background:** Fraction topics remain challenging for students due to limited visualization and minimal utilization of digital learning media in classroom practice. **Knowledge Gap:** Although educational games and deep learning approaches have been discussed separately, the development of web-based educational games explicitly integrating deep learning principles for elementary fraction learning is still limited. **Aims:** This study aims to develop a web-based educational game applying a deep learning approach to support fourth-grade students' understanding of fraction concepts. **Results:** Using a Research and Development method with the ADDIE model, the developed game "Pizzeria Pecahan – Ultimate Edition" obtained very high validation scores from material experts, media experts, and classroom teachers, and student learning outcomes showed a notable increase between pretest and posttest results. **Novelty:** This study presents a web-based educational game that systematically embeds deep learning elements such as exploration, reflection, and problem-solving within fraction learning activities. **Implications:** The findings indicate that web-based game media grounded in deep learning principles can serve as an alternative digital learning resource to support meaningful and student-centered mathematics learning in elementary education.

Highlights

- The study produced a web-based educational game integrating deep learning principles
- Expert validation confirmed high feasibility in content, design, and pedagogy
- Student fraction understanding showed substantial improvement after implementation

Keywords

Educational Game; Deep Learning; Fraction Concepts; Web-Based Learning Media; Mathematics Learning

Published date: 2026-01-15

I. Pendahuluan

Perubahan besar dalam dunia pendidikan abad ke-21 menuntut siswa memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, mampu bekerja sama, berkomunikasi efektif, sekaligus melek teknologi. Trilling dan Fadel menyebut kecakapan ini sebagai 21st century skills yang menjadi fondasi pembelajaran masa kini [1]. Dalam konteks Indonesia, Rusman menegaskan bahwa integrasi teknologi informasi merupakan langkah penting agar pembelajaran selaras dengan perkembangan zaman [2]. Hal ini juga sejalan dengan Kurikulum Merdeka yang memberi ruang lebih luas bagi guru untuk merancang pembelajaran yang fleksibel dan berpusat pada siswa [3].

Meskipun demikian, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa pembelajaran matematika di sekolah dasar masih didominasi metode konvensional. Hudojo menyatakan bahwa matematika seharusnya dikuasai melalui pemahaman konsep, bukan sekadar hafalan prosedur [4]. Salah satu materi yang paling menantang bagi siswa adalah pecahan, karena membutuhkan kemampuan representasi visual dan penalaran konseptual [5]. Kondisi ini juga tampak di SDIT Persis Tarogong, di mana media pembelajaran digital belum dimanfaatkan secara maksimal sehingga siswa belum mendapatkan pengalaman belajar yang interaktif dan mendalam.

Pada sisi lain, berbagai penelitian menunjukkan potensi besar game edukasi sebagai media pembelajaran yang efektif. Prensky menjelaskan bahwa game mampu menghadirkan suasana belajar yang lebih hidup, penuh tantangan, dan memotivasi siswa untuk terus mencoba [6]. Selain itu, Mayer menyatakan bahwa media interaktif dapat meningkatkan pemahaman seseorang tentang ide melalui penggabungan aktivitas kognitif, teks, dan visual yang saling melengkapi [7].

Metode deep learning adalah salah satu cara untuk memaksimalkan potensi ini. Martin dan Säljö mengatakan bahwa pembelajaran mendalam terjadi ketika siswa mencoba memahami arti, menghubungkan konsep, dan menerapkan pengetahuan mereka dalam situasi baru [8]. Pemahaman mendalam bukan satu-satunya komponen pembelajaran mendalam, menurut Fullan dan Quinn [9]. Kolaborasi, emosi positif, dan penyelesaian masalah nyata juga termasuk [9]. Menurut beberapa penelitian, menggabungkan game berbasis web dengan pendekatan deep learning dapat meningkatkan pemahaman siswa tentang matematika, khususnya materi pecahan. Namun, penelitian yang mengembangkan game berbasis web dengan fokus pada deep learning untuk siswa sekolah dasar masih relatif terbatas. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan game edukasi berbasis web yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang matematika.

II. Metode

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE, yang terdiri dari lima tahap: Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Model ini dipilih karena memberikan langkah kerja yang jelas dan mudah diikuti dalam pengembangan media pembelajaran. Branch menyebut ADDIE sebagai kerangka desain yang fleksibel, sehingga cocok digunakan untuk berbagai jenis produk pembelajaran modern [1]. Molenda juga menegaskan bahwa ADDIE mampu menghasilkan produk yang dapat diuji kualitasnya secara sistematis [2].

A. Tahap Analisis (Analysis)

Tahap pertama dilakukan dengan menggali kebutuhan nyata di lapangan melalui observasi kelas dan wawancara dengan guru. Dari analisis ini diketahui bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami materi pecahan, sementara penggunaan media digital juga belum optimal. Informasi tersebut menjadi dasar untuk merancang game edukasi yang benar-benar sesuai dengan karakteristik siswa kelas IV.

B. Tahap Perancangan (Design)

Pada tahap ini mulai disusun rancangan awal game, meliputi alur permainan, tampilan antarmuka, karakter, skenario, serta susunan materi. Prinsip desain multimedia dari Mayer digunakan untuk memastikan game tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga mendukung proses berpikir siswa, seperti melalui penyederhanaan tampilan dan penggunaan visual yang relevan [3]. Pendekatan deep learning diterapkan dengan menghadirkan tantangan, refleksi, dan aktivitas pemecahan masalah di dalam permainan.

C. Tahap Pengembangan (Development)

Game Pizzeria Pecahan – Ultimate Edition kemudian dikembangkan menggunakan teknologi berbasis web (HTML, CSS, dan JavaScript). Setelah versi awal selesai, game divalidasi oleh ahli materi, ahli media, dan guru. Mereka memberikan penilaian terkait isi, tampilan, dan kesesuaian pedagogis. Saran dan masukan dari para validator digunakan untuk memperbaiki kualitas game hingga siap diuji coba.

D. Tahap Implementasi (Implementation)

Game yang telah direvisi diujicobakan kepada 30 siswa kelas IV. Pada tahap ini, siswa menggunakan game sebagai bagian dari proses pembelajaran matematika. Data dikumpulkan melalui tes awal (pretest) dan tes akhir (posttest) untuk melihat apakah terdapat peningkatan pemahaman pecahan setelah menggunakan game. Selain itu, observasi dilakukan untuk melihat tingkat keterlibatan siswa selama bermain.

E. Tahap Evaluasi (Evaluation)

Evaluasi dilakukan secara berkelanjutan sepanjang proses pengembangan (formative) dan setelah implementasi (summative). Tessmer menjelaskan bahwa evaluasi seperti ini penting untuk memastikan media benar-benar efektif ketika digunakan dalam pembelajaran [4].

F. Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan:

1. Analisis deskriptif untuk mengetahui kelayakan game berdasarkan hasil validasi ahli.
2. Analisis peningkatan hasil belajar dengan membandingkan nilai pretest dan posttest menggunakan normalized gain. Metode ini banyak digunakan untuk mengukur peningkatan capaian belajar secara objektif, sebagaimana dijelaskan Hake [5].

Melalui proses ADDIE yang berjalan secara sistematis, penelitian ini berupaya menghasilkan media pembelajaran yang tidak hanya layak dan menarik, tetapi juga mampu memberikan dampak nyata pada pemahaman siswa.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Tahap Analisis (Analysis)

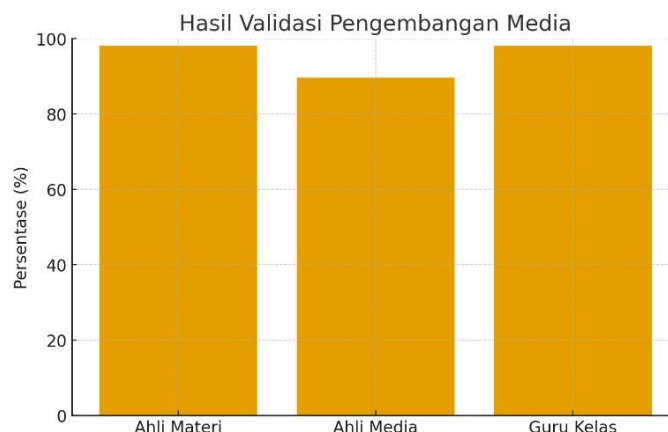
Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa kemampuan awal siswa pada materi pecahan masih berada pada kategori rendah. Nilai pretest berada pada rentang 25–85 dengan rata-rata 56,17 yang mengindikasikan pemahaman konseptual belum terbentuk secara optimal. Observasi dan wawancara menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam melakukan representasi visual pecahan, sementara pemanfaatan media berbasis teknologi dalam pembelajaran masih sangat terbatas. Temuan ini menegaskan kebutuhan pengembangan media pembelajaran alternatif berbasis digital yang mampu memfasilitasi visualisasi konsep secara interaktif.

B. Tahap Perancangan (Design)

Tahap desain menghasilkan rancangan konseptual dan teknis dari game edukasi berbasis web “Pizzeria Pecahan – Ultimate Edition”. Rancangan mencakup penyusunan struktur materi, alur interaksi, elemen visual, serta integrasi prinsip deep learning. Perangkat pendukung seperti blueprint instrumen validasi, skema penilaian ahli, serta sarana pembelajaran (LCD, laptop) juga disiapkan dalam tahap ini untuk memastikan reliabilitas implementasi dan evaluasi produk.

C. Tahap Pengembangan (Development)

Produk dikembangkan sesuai desain yang telah ditetapkan dan kemudian menjalani uji kelayakan melalui validasi ahli. Hasil validasi menunjukkan bahwa:



1. Ahli materi memberikan skor 98,08% (kategori Sangat Baik).
2. Ahli media memberikan skor 89,62% (kategori Sangat Baik).
3. Guru kelas memberikan skor 98,08% (kategori Sangat Baik).

Hasil validasi ini menunjukkan bahwa produk memenuhi kriteria kelayakan isi, kesesuaian pedagogis, dan kualitas tampilan,

sehingga layak untuk diimplementasikan pada tahap berikutnya.

D. Tahap Implementasi (Implementation)

Produk yang telah diubah kemudian digunakan pada 30 siswa di kelas empat. Game digunakan sebagai alat utama untuk mengajar materi pecahan. Siswa sangat terlibat, aktif, dan responsif terhadap penggunaan media digital selama implementasi. Selain itu, implementasi ini menyediakan data empirik untuk mengevaluasi kepraktisan dan efek pedagogis media terhadap pemahaman konsep.

E. Tahap Evaluasi (Evaluation)

Efektivitas produk diuji melalui perbandingan performa siswa pada pretest dan posttest. Hasil posttest menunjukkan peningkatan signifikan dengan nilai pada rentang 65–100 dan rata-rata 89,83, jauh lebih tinggi dibandingkan nilai awal siswa.

Perbedaan skor rata-rata sebesar 33,66 poin menunjukkan bahwa penggunaan game edukasi berbasis web memberikan dampak positif yang kuat terhadap peningkatan pemahaman pecahan. Evaluasi formatif dan sumatif yang dilakukan sepanjang proses pengembangan memperkuat temuan bahwa media ini memenuhi aspek kelayakan, kepraktisan, serta efektivitas instruksional.

F. PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa game edukasi berbasis web yang dikembangkan melalui model ADDIE dinyatakan valid, praktis, dan efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika siswa sekolah dasar, khususnya pada materi pecahan. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menegaskan bahwa pemanfaatan teknologi pembelajaran berbasis web mampu meningkatkan kualitas proses belajar apabila dirancang secara sistematis dan berorientasi pada kebutuhan peserta didik [26], [30].

Peningkatan hasil belajar siswa yang ditunjukkan melalui nilai *normalized gain* mengindikasikan bahwa media yang dikembangkan tidak hanya berdampak secara statistik, tetapi juga bermakna secara pedagogis. Dalam konteks sekolah dasar, hal ini relevan dengan teori *cognitive load*, yang menyatakan bahwa pembelajaran akan lebih efektif ketika informasi disajikan melalui representasi visual dan aktivitas yang terstruktur sehingga tidak membebani memori kerja siswa [11]. Game edukasi dalam penelitian ini memanfaatkan ilustrasi visual, animasi, dan simulasi pecahan yang membantu siswa membangun pemahaman konseptual secara bertahap, sebagaimana disarankan oleh Mayer dalam teori *multimedia learning* [3].

Integrasi pendekatan *deep learning* menjadi kontribusi penting dalam penelitian ini. Berbeda dengan pembelajaran dangkal yang hanya menekankan hafalan prosedural, *deep learning* menuntut siswa untuk memahami makna, mengaitkan konsep, serta merefleksikan proses belajar [13], [14]. Pendekatan ini diimplementasikan melalui mekanisme permainan yang mendorong eksplorasi, pemecahan masalah, dan refleksi terhadap jawaban yang diberikan. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa strategi *deep learning* mampu meningkatkan pemahaman matematika siswa sekolah dasar secara signifikan [20], serta mendukung terjadinya perubahan konseptual dalam pembelajaran [29].

Dari perspektif *game-based learning*, hasil penelitian ini konsisten dengan berbagai studi yang menyatakan bahwa permainan edukatif dapat meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan hasil belajar siswa [4], [5], [15]. Hamari et al. menegaskan bahwa gamifikasi yang dirancang dengan baik dapat memberikan dampak positif terhadap aspek kognitif dan afektif peserta didik [5]. Namun, sebagaimana dikritisi oleh Kim dan Reeves, efektivitas gamifikasi sangat bergantung pada kualitas desain instruksional, bukan sekadar elemen permainan semata [8]. Dalam penelitian ini, game tidak hanya berfungsi sebagai hiburan, tetapi sebagai sarana pembelajaran yang terintegrasi dengan tujuan instruksional yang jelas.

Hasil validasi ahli media dan materi yang menunjukkan tingkat kelayakan sangat tinggi mengindikasikan bahwa game edukasi telah memenuhi prinsip desain pembelajaran dan antarmuka pengguna yang baik. Prinsip *usability* dan konsistensi navigasi yang diterapkan sejalan dengan panduan evaluasi antarmuka pengguna yang dikemukakan oleh Nielsen dan Molich [24], serta konsep desain berpusat pada pengguna yang dikemukakan oleh Norman [25]. Hal ini penting karena kemudahan penggunaan menjadi faktor kunci dalam penerimaan teknologi pembelajaran oleh siswa sekolah dasar.

Selain itu, perubahan perilaku belajar siswa selama implementasi menunjukkan pergeseran pola pembelajaran menuju pendekatan yang lebih berpusat pada peserta didik. Observasi menunjukkan bahwa siswa menjadi lebih aktif bertanya, berdiskusi, dan mencoba berbagai strategi penyelesaian masalah. Temuan ini mendukung hasil penelitian yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis permainan dan interaksi digital dapat meningkatkan keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran matematika [17], [18], [19]. Keterlibatan aktif ini juga berkaitan erat dengan peningkatan literasi digital dan performa belajar individu [1], [2].

Meskipun hasil penelitian menunjukkan dampak yang positif, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Penelitian ini dilakukan pada satu sekolah dasar dengan jumlah subjek yang terbatas serta fokus pada satu materi pembelajaran. Selain itu, durasi implementasi media relatif singkat sehingga belum dapat menggambarkan dampak jangka panjang terhadap perubahan pemahaman konseptual siswa. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji media pada konteks yang lebih luas, jenjang yang berbeda, serta dengan waktu implementasi yang lebih panjang.

agar generalisasi hasil dapat diperkuat.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa pengembangan media pembelajaran berbasis web yang dirancang dengan prinsip desain instruksional, multimedia learning, dan deep learning memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika di sekolah dasar [23], [27], [28]. Model ADDIE yang digunakan juga terbukti efektif sebagai kerangka kerja pengembangan media pembelajaran yang sistematis dan terukur [9], [10].

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa game edukasi berbasis web yang dikembangkan menggunakan model ADDIE dinyatakan layak, praktis, dan efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika siswa sekolah dasar pada materi pecahan. Hasil validasi ahli yang sangat baik menunjukkan kelayakan media; di sisi lain, kepraktisan media menunjukkan respons positif guru dan siswa selama proses pembelajaran.

Hasil uji efektivitas menunjukkan bahwa siswa mendapatkan hasil belajar yang lebih baik setelah menggunakan media. Ini menunjukkan bahwa mekanisme permainan, pembelajaran mendalam, dan interaksi visual interaktif dapat membantu belajar dengan lebih baik. Oleh karena itu, penelitian ini memberikan kontribusi baru melalui pengembangan game edukasi berbasis web yang secara eksplisit mengintegrasikan prinsip pembelajaran mendalam ke dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar. Secara praktis, temuan penelitian ini memberikan implikasi bagi guru untuk menggunakan game edukasi sebagai alternatif media pembelajaran yang mendorong keterlibatan aktif siswa dan meningkatkan pemahaman mereka tentang materi. Game ini dapat digunakan oleh sekolah sebagai contoh bagaimana membuat pembelajaran berbasis teknologi yang berpusat pada peserta didik lebih mudah. Sementara itu, peneliti selanjutnya disarankan untuk mengembangkan media serupa untuk materi dan jenjang yang berbeda serta menguji efeknya.

Media yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki peluang untuk menjadi solusi inovatif untuk pengembangan teknologi pembelajaran matematika di sekolah dasar, dengan mempertimbangkan keterbatasan dan peluang pengembangan lanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada SD IT Persis Tarogong atas dukungan dan partisipasi dalam pelaksanaan penelitian ini

References

1. A. M. Mohammadyari and H. Singh, "Understanding the effect of e-learning on individual performance: The role of digital literacy," *Comput. Educ.*, vol. 117, pp. 1–14, 2018, doi: 10.1016/j.compedu.2017.09.005.
2. M. Al-Fraihat, M. Joy, R. Masa'deh, and J. Sinclair, "Evaluating E-learning systems success: An empirical study," *Comput. Hum. Behav.*, vol. 102, pp. 67–86, 2020, doi: 10.1016/j.chb.2019.08.004.
3. R. Mayer, *Multimedia Learning*, 2nd ed. Cambridge University Press, 2009, doi: 10.1017/CBO9780511811678.
4. T. M. Connolly, E. A. Boyle, E. MacArthur, T. Hainey, and J. M. Boyle, "A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games," *Comput. Educ.*, vol. 59, no. 2, pp. 661–686, 2012, doi: 10.1016/j.compedu.2012.03.004.
5. J. Hamari, J. Koivisto, and H. Sarsa, "Does gamification work?—A literature review of empirical studies on gamification," in *Proc. 47th Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, 2014, pp. 3025–3034, doi: 10.1109/HICSS.2014.377.
6. S. De Freitas, "Using games and simulations for supporting learning," *Learn. Media Technol.*, vol. 31, no. 4, pp. 343–358, 2006, doi: 10.1080/17439880601021967.
7. L. Plass, B. Homer, and C. Kinzer, "Foundations of game-based learning," *Educ. Psychol.*, vol. 50, no. 4, pp. 258–283, 2015, doi: 10.1080/00461520.2015.1122533.
8. S. Kim and R. W. Reeves, "Reframing gamification: toward a critical approach," *Simul. Gaming*, vol. 51, no. 3, pp. 408–435, 2020, doi: 10.1177/1046878119901285.
9. R. M. Branch, *Instructional Design: The ADDIE Approach*, Springer, 2009, doi: 10.1007/978-0-387-09506-6.
10. M. Molenda, "In search of the elusive ADDIE model," *Perform. Improv.*, vol. 42, no. 5, pp. 34–37, 2003, doi: 10.1002/pfi.4930420508.
11. J. Sweller, "Cognitive load theory," *Psychol. Learn. Motiv.*, vol. 55, pp. 37–76, 2011, doi: 10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8.
12. S. Hake, "Interactive-engagement vs. traditional methods: A survey of 6000 students," *Am. J. Phys.*, vol. 66, pp. 64–74, 1998, doi: 10.1119/1.18809.
13. F. Marton and R. Säljö, "On qualitative differences in learning," *Br. J. Educ. Psychol.*, vol. 46, pp. 4–11, 1976, doi: 10.1111/j.2044-8279.1976.tb02980.x.
14. M. Fullan, J. Quinn, and J. McEachen, *Deep Learning*, Corwin Press, 2018, doi: 10.4135/9781544308811.
15. A. Wouters, C. Van Nimwegen, H. Van Oostendorp, and E. Van Der Spek, "A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games," *J. Educ. Psychol.*, vol. 105, no. 2, pp. 249–265, 2013, doi: 10.1037/a0031311.
16. P. Blikstein and M. Worsley, "Children's interactions with games for learning: A review," *J. Learn. Sci.*, vol. 25, no. 4, pp. 551–573, 2016, doi: 10.1080/10508406.2016.1169958.
17. H. van der Meij and J. van der Meij, "A comparison of paper-based and computer-based games for learning fractions," *Comput. Educ.*, vol. 130, pp. 90–106, 2019, doi: 10.1016/j.compedu.2018.11.005.
18. G. Celik, "The effect of educational games on mathematics achievement," *Cypriot J. Educ. Sci.*, vol. 16, no. 2, pp. 598–612, 2021, doi: 10.18844/cjes.v16i2.5641.
19. C. S. Chen, "Effects of web-based games on mathematics learning," *J. Educ. Comput. Res.*, vol. 60, no. 6, pp. 1478–1498, 2022, doi: 10.1177/07356331211071391.
20. L. M. Lase, "Deep learning strategies for improving primary students' math understanding," *Int. J. Instr.*, vol. 14, no. 4, pp. 955–974, 2021, doi: 10.29333/iji.2021.14455a.

21. T. Lesh, J. Post, and S. Behr, "Representations in mathematical learning," *J. Res. Math. Educ.*, vol. 26, no. 2, pp. 113–141, 1995, doi: 10.2307/749205.
22. A. Y. Lu and M. H. Wang, "Effects of visual fraction models in digital learning tools," *Comput. Human Behav.*, vol. 129, 2022, doi: 10.1016/j.chb.2021.107148.
23. Z. A. Pardamean and J. Suparman, "Development of web-based mathematics learning media," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 25, pp. 5503–5520, 2020, doi: 10.1007/s10639-020-10282-6.
24. J. Nielsen and R. Molich, "Heuristic evaluation of user interfaces," *CHI '90 Proc.*, pp. 249–256, 1990, doi: 10.1145/97243.97281.
25. D. Norman, *The Design of Everyday Things*, Basic Books, 2013, doi: 10.7551/mitpress/11837.001.0001.
26. P. N. Roblyer and A. H. Doering, *Integrating Educational Technology into Teaching*, Pearson, 2013, doi: 10.4324/9781315832946.
27. K. Squire, "Video games and learning," *Teach. Coll. Rec.*, vol. 108, no. 8, pp. 1830–1863, 2006, doi: 10.1111/j.1467-9620.2006.00761.x.
28. E. A. Boyle, T. Hainey, T. M. Connolly, G. Gray, and C. Earp, "An update to the systematic review of games-based learning," *Simul. Gaming*, vol. 47, no. 6, pp. 825–858, 2016, doi: 10.1177/1046878116631232.
29. S. Vosniadou, "Conceptual change in learning and instruction," *Eur. J. Psychol. Educ.*, vol. 29, pp. 1–3, 2014, doi: 10.1007/s10212-014-0220-5.
30. C. Dede, "Immersive interfaces for engagement and learning," *Science*, vol. 323, no. 5910, pp. 66–69, 2009, doi: 10.1126/science.1167311.