

JOURNAL INTECH AND EDUCATION

Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi

Universitas Bina Bangsa

<http://ejournal.lppmbinabangsa.ac.id/index.php/jion>



PEMANFAATAN SIMULASI DIGITAL INTERAKTIF UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEPTUAL MAHASISWA PADA MATA KULIAH SISTEM BASIS DATA

Hoerul Anam¹, Hayatul Anwar², Karina Zarine Ryandra³, Subertian Arip⁴

^{1,2,3,4}Universitas Bina Bangsa

E-mail: hoerulanam21@gmail.com¹, h.anwar@gmail.com², Karina.ryandra@gmail.com³,
subertian.arip@gmail.com⁴

ABSTRACT

Conceptual understanding is a crucial component in learning Database Systems courses, as the subject involves abstract and systemic concepts. However, conventional instructional approaches that emphasize technical procedures often fail to support deep conceptual understanding among students. This study aims to examine the effectiveness of interactive digital simulations in enhancing students' conceptual understanding in a Database Systems course. The research employed a quantitative approach using a quasi-experimental design with a one-group pretest-posttest model. The research subjects were students enrolled in the Information Technology Education program at Universitas Bina Bangsa. Data were collected through a conceptual understanding test administered before and after the implementation of interactive digital simulations. Descriptive and inferential analyses were conducted using a paired sample t-test. The results indicated a significant improvement in students' conceptual understanding, with the mean score increasing from 53.75 in the pre-intervention phase to 79.38 in the post-intervention phase. These findings demonstrate that interactive digital simulations effectively facilitate deeper conceptual understanding of database systems by enabling visualization and active learning experiences. The study highlights the importance of integrating interactive simulation-based learning media into information technology education, particularly for courses involving complex and abstract concepts.

Keywords: interactive digital simulation, conceptual understanding, database systems, information technology education, technology-enhanced learning

ABSTRAK

Pemahaman konseptual mahasiswa merupakan aspek penting dalam pembelajaran mata kuliah Sistem Basis Data, mengingat materi yang bersifat abstrak dan sistemik. Namun, pembelajaran konvensional yang cenderung berfokus pada prosedur teknis sering kali belum mampu memfasilitasi pemahaman konsep secara mendalam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pemanfaatan simulasi digital interaktif dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa pada mata kuliah Sistem Basis Data. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen melalui model pretest-posttest one group design. Subjek penelitian adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi Universitas Bina Bangsa. Data dikumpulkan menggunakan tes pemahaman konseptual yang diberikan sebelum dan sesudah penerapan simulasi digital interaktif. Analisis data dilakukan secara deskriptif dan inferensial menggunakan uji paired sample t-test. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata pemahaman konseptual mahasiswa dari 53,75 pada tahap pra perlakuan menjadi 79,38 pada tahap pasca perlakuan. Temuan ini mengindikasikan bahwa simulasi digital interaktif efektif dalam membantu mahasiswa membangun pemahaman konseptual yang lebih utuh terhadap sistem basis data melalui visualisasi dan interaksi aktif. Penelitian ini berimplikasi pada pentingnya integrasi media pembelajaran berbasis simulasi digital dalam pembelajaran teknologi informasi di pendidikan tinggi, khususnya untuk materi yang bersifat kompleks dan abstrak.

Kata kunci: simulasi digital interaktif, pemahaman konseptual, sistem basis data, pendidikan teknologi informasi, pembelajaran berbasis teknologi

PENDAHULUAN

Pembelajaran mata kuliah Sistem Basis Data di pendidikan tinggi menuntut pemahaman konseptual yang kuat karena mahasiswa harus mampu memahami hubungan abstrak antar entitas data, struktur relasional, normalisasi, serta alur pengolahan data secara sistemik. Tantangan utama dalam pembelajaran ini adalah sifat materi yang abstrak dan dinamis, sementara praktik pembelajaran di perguruan tinggi masih banyak didominasi oleh penyampaian materi secara tekstual dan prosedural. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan mahasiswa lebih fokus pada penguasaan langkah teknis dibandingkan pemahaman konsep dasar yang mendasari sistem basis data secara menyeluruh, sehingga pemahaman konseptual yang terbentuk menjadi dangkal dan sulit ditransfer ke konteks nyata.

Sejumlah penelitian pendidikan tinggi menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis teknologi yang tidak dirancang secara interaktif cenderung belum optimal dalam mendorong keterlibatan kognitif mahasiswa. Schindler et al. (2017) menegaskan bahwa penggunaan teknologi pembelajaran hanya akan berdampak signifikan terhadap hasil belajar apabila mampu meningkatkan student engagement secara kognitif, afektif, dan perilaku. Dalam konteks pembelajaran teknologi informasi, keterlibatan kognitif menjadi krusial karena mahasiswa perlu membangun representasi mental terhadap sistem yang tidak selalu dapat diamati secara langsung. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran yang menekankan visualisasi, interaktivitas, dan eksplorasi konsep menjadi semakin relevan.

Simulasi digital interaktif dipandang sebagai salah satu bentuk media pembelajaran yang efektif untuk memfasilitasi pembelajaran konseptual pada materi yang kompleks. Mayer dan Fiorella (2016) menjelaskan bahwa pembelajaran yang mendorong mahasiswa untuk secara aktif menghasilkan, memanipulasi, dan menguji informasi akan memperkuat proses konstruksi pengetahuan. Simulasi digital memungkinkan mahasiswa berinteraksi langsung dengan model sistem, mengamati perubahan akibat manipulasi variabel, serta memperoleh umpan balik secara langsung, sehingga mendukung proses belajar generatif dan bermakna. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip pembelajaran aktif yang menempatkan mahasiswa sebagai subjek utama dalam proses belajar.

Berbagai studi empiris dalam satu dekade terakhir menunjukkan bahwa simulasi digital dan lingkungan belajar interaktif berkontribusi positif terhadap pemahaman konseptual mahasiswa. Makransky et al. (2019) menemukan bahwa penggunaan simulasi interaktif mampu meningkatkan pemahaman konsep dan transfer pengetahuan dibandingkan pembelajaran berbasis teks semata, khususnya pada materi yang bersifat abstrak. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Radianti et al. (2020) yang menyatakan bahwa simulasi digital dan lingkungan virtual efektif dalam membantu mahasiswa memahami sistem kompleks melalui visualisasi dan eksplorasi yang terstruktur. Selain itu, pembelajaran berbasis simulasi terbukti mampu mengurangi beban kognitif yang tidak relevan ketika desain simulasi disesuaikan dengan tujuan pembelajaran konseptual (Makransky & Petersen, 2019).

Dalam konteks pendidikan teknologi informasi, pemanfaatan media pembelajaran interaktif juga berkontribusi terhadap peningkatan kualitas pengalaman belajar mahasiswa. Hew et al. (2020) menegaskan bahwa pembelajaran aktif berbasis teknologi, termasuk simulasi dan visualisasi interaktif, lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual dibandingkan pendekatan pasif. Hal ini menjadi penting bagi mata kuliah Sistem Basis Data yang menuntut mahasiswa tidak hanya memahami struktur data, tetapi juga hubungan dan dinamika sistem secara holistik. Namun demikian, penelitian yang secara spesifik mengkaji pemanfaatan simulasi digital interaktif pada pembelajaran Sistem Basis Data di program studi Pendidikan Teknologi Informasi masih relatif terbatas, khususnya dalam mengukur peningkatan pemahaman konseptual mahasiswa secara empiris.

Berdasarkan observasi awal pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknologi

Informasi Universitas Bina Bangsa, masih ditemukan kesulitan mahasiswa dalam memahami keterkaitan konsep sistem basis data secara menyeluruh, yang berdampak pada rendahnya kemampuan analisis dan perancangan basis data. Oleh karena itu, diperlukan inovasi pembelajaran berbasis teknologi yang mampu memfasilitasi visualisasi, interaksi, dan eksplorasi konsep secara aktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pemanfaatan simulasi digital interaktif dalam pembelajaran mata kuliah Sistem Basis Data serta menganalisis peningkatannya terhadap pemahaman konseptual mahasiswa.)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen, yang bertujuan untuk mengkaji efektivitas pemanfaatan simulasi digital interaktif dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa pada mata kuliah Sistem Basis Data. Desain kuasi-eksperimen dipilih karena peneliti tidak melakukan pengacakan subjek secara penuh, melainkan menggunakan kelas yang telah ada sebagai kelompok penelitian. Model desain yang digunakan adalah pretest-posttest one group design, yang memungkinkan pengukuran perubahan pemahaman konseptual mahasiswa sebelum dan sesudah penerapan simulasi digital interaktif dalam pembelajaran.

Subjek penelitian ini adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi di Universitas Bina Bangsa yang sedang menempuh mata kuliah Sistem Basis Data pada semester berjalan. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik purposive sampling, dengan pertimbangan bahwa mahasiswa telah memperoleh materi dasar basis data dan mengikuti pembelajaran secara penuh selama penelitian berlangsung. Jumlah subjek disesuaikan dengan kondisi kelas aktif yang memenuhi kriteria penelitian.

Data penelitian terdiri atas data kuantitatif yang diperoleh dari hasil tes pemahaman konseptual mahasiswa. Sumber data utama berasal dari mahasiswa sebagai responden penelitian, sedangkan data pendukung diperoleh dari dokumentasi pembelajaran dan catatan observasi pelaksanaan simulasi digital interaktif. Instrumen utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes pemahaman konseptual yang dikembangkan berdasarkan indikator pemahaman konsep, meliputi kemampuan menjelaskan konsep, menginterpretasikan hubungan antar konsep, dan menerapkan konsep dalam konteks permasalahan sistem basis data. Instrumen tes divalidasi melalui validasi ahli (expert judgment) dan diuji reliabilitasnya sebelum digunakan dalam pengumpulan data.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pemberian pretest sebelum penerapan simulasi digital interaktif dan posttest setelah seluruh rangkaian pembelajaran menggunakan simulasi digital selesai dilaksanakan. Selain tes, observasi digunakan untuk memastikan keterlaksanaan pembelajaran berbasis simulasi digital interaktif sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Observasi difokuskan pada keterlibatan mahasiswa selama pembelajaran dan penggunaan fitur simulasi dalam memahami konsep basis data.

Teknik analisis data dilakukan secara deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan nilai rata-rata, skor minimum dan maksimum, serta distribusi hasil pretest dan posttest. Selanjutnya, analisis inferensial dilakukan menggunakan uji statistik paired sample t-test untuk mengetahui perbedaan signifikan antara hasil pretest dan posttest pemahaman konseptual mahasiswa. Seluruh analisis data dilakukan dengan tingkat signifikansi 0,05. Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan efektivitas pemanfaatan simulasi digital interaktif dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa pada mata kuliah Sistem Basis Data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan pemahaman konseptual mahasiswa pada mata kuliah Sistem Basis Data setelah penerapan simulasi digital interaktif.

Data hasil penelitian diperoleh melalui tes pemahaman konseptual yang diberikan sebelum (pretest) dan setelah (posttest) pembelajaran menggunakan simulasi digital interaktif.

Hasil pretest menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep dasar sistem basis data secara menyeluruh, terutama pada aspek hubungan antarentitas, normalisasi, dan alur pemrosesan data. Hal ini tercermin dari skor awal yang relatif rendah dan belum merata. Sebagian mahasiswa masih berada pada kategori belum tuntas, yang mengindikasikan bahwa pembelajaran konvensional sebelumnya belum sepenuhnya mampu memfasilitasi pemahaman konseptual yang mendalam. Tabel 1 menyajikan contoh data awal (pra perlakuan) pemahaman konseptual mahasiswa pada mata kuliah Sistem Basis Data.

No	Nama Mahasiswa	Skor Pra Perlakuan	Keterangan
1	AD	40	Belum Tuntas
2	GS	20	Belum Tuntas
3	SN	70	Tuntas
4	ZA	50	Belum Tuntas
5	HQ	65	Tuntas
6	KA	70	Tuntas
7	PA	75	Tuntas
8	SA	40	Belum Tuntas
Jumlah		430	
Rata-rata		53,75	

Tabel 1. Data Pra Perlakuan Pemahaman Konseptual Mahasiswa.

Berdasarkan Tabel 1, nilai rata-rata pemahaman konseptual mahasiswa sebelum penerapan simulasi digital interaktif masih berada di bawah kriteria ketuntasan yang ditetapkan. Kondisi ini menguatkan temuan observasi awal bahwa mahasiswa cenderung memahami materi secara parsial dan prosedural, namun belum mampu mengaitkan konsep sistem basis data secara utuh.

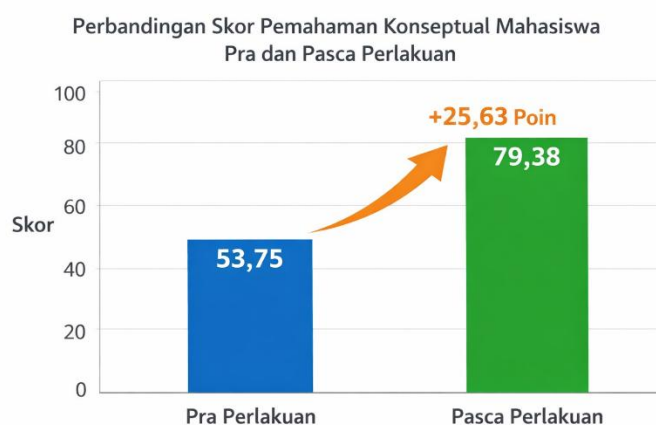
Setelah pembelajaran mata kuliah Sistem Basis Data dilaksanakan dengan memanfaatkan simulasi digital interaktif, dilakukan pengukuran kembali pemahaman konseptual mahasiswa melalui tes posttest. Hasil posttest menunjukkan adanya peningkatan skor yang cukup signifikan pada hampir seluruh mahasiswa. Mayoritas mahasiswa telah mencapai kriteria ketuntasan, yang mengindikasikan bahwa simulasi digital interaktif mampu membantu mahasiswa memahami konsep sistem basis data secara lebih utuh dan terintegrasi. Tabel 2 berikut menyajikan data hasil posttest pemahaman konseptual mahasiswa setelah penerapan simulasi digital interaktif.

No	Nama Mahasiswa	Skor Pasca Perlakuan	Keterangan
1	AD	75	Tuntas
2	GS	70	Tuntas
3	SN	85	Tuntas
4	ZA	78	Tuntas

5	HQ	80	Tuntas
6	KA	85	Tuntas
7	PA	90	Tuntas
8	SA	72	Tuntas
Jumlah		635	
Rata-rata		79,38	

Tabel 2. Data Pasca Perlakuan Pemahaman Konseptual Mahasiswa

Jika dibandingkan dengan data pra perlakuan (Tabel 1), terlihat bahwa nilai rata-rata pemahaman konseptual mahasiswa meningkat dari 53,75 menjadi 79,38 setelah pembelajaran menggunakan simulasi digital interaktif. Selain itu, pada tahap pra perlakuan masih terdapat mahasiswa yang berada pada kategori belum tuntas, sedangkan pada tahap pasca perlakuan seluruh mahasiswa telah mencapai kategori tuntas. Peningkatan ini menunjukkan bahwa simulasi digital interaktif efektif dalam membantu mahasiswa membangun pemahaman konseptual terhadap materi sistem basis data.



Gambar 1. Perbandingan Skor Pemahaman Konseptual Mahasiswa Pra dan Pasca Penerapan Simulasi Digital Interakti

Gambar 1. Perbandingan Skor Mahasiswa

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan simulasi digital interaktif memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman konseptual mahasiswa pada mata kuliah Sistem Basis Data. Peningkatan nilai rata-rata pemahaman konseptual dari 53,75 pada tahap pra perlakuan menjadi 79,38 pada tahap pasca perlakuan mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis simulasi mampu memfasilitasi proses belajar yang lebih bermakna. Temuan ini menegaskan bahwa simulasi digital tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visual, tetapi juga sebagai sarana pembelajaran aktif yang mendorong mahasiswa membangun pemahaman konsep secara lebih mendalam.

Secara teoretis, peningkatan pemahaman konseptual tersebut dapat dijelaskan melalui prinsip pembelajaran multimedia dan pembelajaran aktif. Mayer dan Fiorella (2016) menyatakan bahwa pembelajaran akan lebih efektif ketika mahasiswa terlibat secara aktif dalam memproses informasi melalui kegiatan menghasilkan, mengorganisasi, dan mengintegrasikan pengetahuan. Dalam penelitian ini, simulasi digital interaktif memungkinkan mahasiswa untuk memanipulasi representasi sistem basis data, mengamati hubungan antarentitas, serta mengeksplorasi dampak perubahan struktur data secara langsung. Aktivitas tersebut mendorong terbentuknya representasi mental yang lebih koheren dibandingkan pembelajaran berbasis teks atau ceramah semata.

Dari perspektif keterlibatan belajar, hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Schindler et al. (2017) yang menekankan bahwa teknologi pembelajaran akan berdampak signifikan terhadap hasil belajar apabila mampu meningkatkan student engagement secara kognitif. Selama penerapan simulasi digital interaktif, mahasiswa menunjukkan keterlibatan yang lebih tinggi dalam proses pembelajaran, ditandai dengan meningkatnya partisipasi diskusi, keaktifan dalam mencoba berbagai skenario simulasi, serta kemampuan menjelaskan kembali konsep sistem basis data dengan bahasa sendiri. Keterlibatan kognitif ini berperan penting dalam memperkuat pemahaman konseptual mahasiswa.

Hasil penelitian ini juga mendukung temuan Makransky dan Petersen (2019) serta Radianti et al. (2020) yang menyatakan bahwa simulasi digital dan lingkungan belajar interaktif efektif dalam membantu mahasiswa memahami sistem yang kompleks dan abstrak. Sistem basis data merupakan salah satu materi yang memiliki karakteristik kompleks dan sistemik, sehingga membutuhkan pendekatan pembelajaran yang mampu menampilkan keterkaitan antar komponen secara visual dan dinamis. Simulasi digital interaktif memberikan pengalaman belajar yang memungkinkan mahasiswa mengamati alur kerja sistem basis data secara menyeluruh, bukan sekadar memahami potongan konsep secara terpisah.

Selain itu, peningkatan pemahaman konseptual mahasiswa juga menunjukkan bahwa simulasi digital interaktif mampu mengurangi kesenjangan antara pemahaman prosedural dan konseptual. Pada tahap pra perlakuan, mahasiswa cenderung memahami langkah-langkah teknis tanpa memahami alasan konseptual di baliknya. Setelah pembelajaran berbasis simulasi, mahasiswa lebih mampu menjelaskan mengapa suatu struktur basis data dirancang dengan cara tertentu dan bagaimana perubahan desain memengaruhi kinerja sistem. Hal ini sejalan dengan pandangan Hew et al. (2020) yang menyatakan bahwa pembelajaran aktif berbasis teknologi dapat mendorong pemahaman yang lebih dalam dan berorientasi pada makna.

Dengan demikian, hasil penelitian ini memperkuat argumen bahwa integrasi simulasi digital interaktif dalam pembelajaran Sistem Basis Data merupakan strategi yang relevan dan efektif dalam pendidikan teknologi informasi. Peningkatan pemahaman konseptual yang signifikan menunjukkan bahwa simulasi digital dapat menjadi solusi atas permasalahan pembelajaran materi abstrak dan kompleks di pendidikan tinggi. Temuan ini juga memberikan implikasi praktis bagi dosen untuk mengembangkan pembelajaran berbasis teknologi yang tidak hanya berorientasi pada penguasaan teknis, tetapi juga pada pemahaman konseptual yang berkelanjutan.

SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan simulasi digital interaktif dalam pembelajaran mata kuliah Sistem Basis Data secara efektif meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan nilai rata-rata pemahaman konseptual mahasiswa dari 53,75 pada tahap pra perlakuan menjadi 79,38 setelah penerapan simulasi digital interaktif. Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran berbasis simulasi mampu membantu mahasiswa memahami konsep sistem basis data secara lebih utuh, terintegrasi, dan bermakna, khususnya pada materi yang bersifat abstrak dan kompleks.

Implikasi penelitian ini terhadap bidang pendidikan, khususnya pendidikan teknologi informasi, menunjukkan bahwa integrasi simulasi digital interaktif dapat menjadi strategi pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan kualitas pemahaman konseptual mahasiswa. Simulasi digital memungkinkan visualisasi sistem, eksplorasi konsep, serta interaksi aktif mahasiswa dengan materi pembelajaran, sehingga pembelajaran tidak lagi berfokus pada hafalan prosedural semata. Oleh karena itu, dosen dianjurkan untuk

mengintegrasikan media pembelajaran berbasis simulasi digital secara sistematis dalam pembelajaran mata kuliah yang memiliki karakteristik konsep kompleks, seperti Sistem Basis Data, guna mendorong pembelajaran aktif dan pemahaman yang lebih mendalam.

Berdasarkan temuan penelitian ini, direkomendasikan agar penelitian selanjutnya mengembangkan simulasi digital yang lebih adaptif dan terintegrasi dengan sistem pembelajaran daring atau *Learning Management System* (LMS), sehingga dapat mendukung pembelajaran yang lebih personal dan berkelanjutan. Selain itu, penelitian lanjutan dapat menggunakan desain eksperimen yang melibatkan kelompok kontrol untuk memperkuat validitas temuan, serta mengkaji dampak simulasi digital terhadap aspek lain seperti kemampuan pemecahan masalah, keterampilan berpikir kritis, dan retensi jangka panjang mahasiswa. Dengan demikian, pemanfaatan simulasi digital interaktif memiliki prospek yang luas sebagai inovasi pembelajaran berbasis teknologi dalam pendidikan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225–236.
<https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Alammary, A., Sheard, J., & Carbone, A. (2019). Blended learning in higher education: Three different design approaches. *Australasian Journal of Educational Technology*, 35(3), 1–17.
<https://doi.org/10.14742/ajet.4421>
- Dede, C., Grotzer, T. A., Kamarainen, A., Metcalf, S., & Tutwiler, M. S. (2017). Virtual reality, augmented reality, and mixed reality in education. In C. Dede (Ed.), *Digital teaching platforms* (pp. 1–20). Harvard Education Press.
- Hew, K. F., Lo, C. K., Flipped Classroom Research Group, & Kwan, C. L. (2020). Strategies for designing effective active learning in higher education using blended learning approaches. *Educational Technology & Society*, 23(2), 1–15.
- Ifenthaler, D., & Yau, J. Y. K. (2020). Utilising learning analytics for study success: Reflections on current empirical findings. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 15(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s41039-020-00126-5>
- Kintu, M. J., Zhu, C., & Kagambe, E. (2017). Blended learning effectiveness: The relationship between student characteristics, design features and outcomes. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(7), 1–20.
<https://doi.org/10.1186/s41239-017-0043-9>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2019). Immersive virtual reality and learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 31(2), 453–479.
<https://doi.org/10.1007/s10648-018-9442-9>
- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019).
- Mayer, R. E., & Fiorella, L. (2016). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: Coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 279–315). Cambridge University Press.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.015>
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147, 103778.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103778>
- Schindler, L. A., Burkholder, G. J., Morad, O. A., & Marsh, C. (2017). Computers in education: A meta-analysis of student engagement. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(25), 1–33.
<https://doi.org/10.1186/s41239-017-0076-0>

Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O., & Nunamaker, J. F. (2016). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information & Management*, 53(2), 183–196. <https://doi.org/10.1016/j.im.2015.09.004>