



PENERAPAN LABORATORIUM VIRTUAL LISTRIK DINAMIS UNTUK MENINGKATKAN AKTIVITAS PESERTA DIDIK

Irsan¹, Icha Untari Meidji^{2*}, Harsano Jayadi³

¹Program Studi Fisika, Universitas Negeri Gorontalo, Email : irsan@ung.ac.id

¹Program Studi Fisika, Universitas Negeri Gorontalo, Email : ichauntarimeiji10@gmail.com

³Program Studi Teknik Geofisika, Universitas Tadulako, Email : harsanoj@gmail.com

*email Koresponden: ichauntarimeiji10@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.62567/jpi.v1i2.1106>

Abstract

This community service initiative aims to explore the utilization of virtual laboratories in dynamic electricity learning and its impact on enhancing student activity and understanding. Virtual laboratories allow students to conduct experiments and simulations of complex physical laboratory exercises, making them easier to comprehend. This approach aids students in better understanding physics concepts, particularly those related to Ohm's law, current, and voltage. The initiative employs a quantitative approach to conduct experiments involving two groups, referred to as the experimental and control groups. The goal of this approach is to assess the differences between students using virtual laboratories compared to those learning through conventional methods. The results of this community service show that the use of virtual laboratories not only increased student engagement in tasks but also enhanced their understanding of dynamic electricity concepts. Virtual laboratories demonstrated improvements in student participation, concept comprehension, and teamwork skills. This community service underscores the significant potential of virtual laboratory technology to create more flexible, interactive, and in-depth learning experiences. Virtual laboratories can serve as an excellent alternative to physical facilities for dynamic electricity learning, even without internet access. It is hoped that this approach will be more widely adopted in educational institutions to support innovative and effective learning.

Keywords : Virtual Laboratory, Quantitative, Conventional Learning

Abstrak

Pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengetahui bagaimana pemanfaatan laboratorium virtual dalam pembelajaran listrik dinamis serta dampaknya terhadap peningkatan aktivitas dan pemahaman siswa. Laboratorium virtual memungkinkan siswa untuk melakukan eksperimen serta simulasi dari percobaan laboratorium fisik yang kompleks menjadi lebih mudah dipahami. Ini membantu mereka memahami konsep fisika dengan lebih baik, terutama yang berkaitan dengan hukum ohm, arus dan tegangan. Dalam pengabdian ini, pendekatan kuantitatif digunakan untuk menjalankan eksperimen yang melibatkan dua kelompok, masing-masing disebut sebagai kelompok eksperimen dan kontrol. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk mengevaluasi perbedaan yang terjadi antara siswa yang menggunakan laboratorium virtual dibandingkan dengan



metode pembelajaran konvensional. Hasil pengabdian ini menunjukkan bahwa menggunakan laboratorium virtual tidak hanya membuat siswa lebih terlibat dalam tugas-tugas, tetapi juga membuat mereka lebih memahami konsep-konsep listrik dinamis. Laboratorium virtual menunjukkan peningkatan dalam partisipasi siswa, pemahaman konsep, dan kemampuan bekerja sama dalam kelompok. Pengabdian kepada masyarakat ini menunjukkan bahwa kegiatan yang memanfaatkan teknologi laboratorium virtual memiliki potensi besar untuk membuat pengalaman belajar yang lebih fleksibel, interaktif, dan mendalam. Laboratorium virtual dapat menjadi alternatif yang bagus untuk fasilitas fisik untuk pembelajaran listrik dinamis bahkan tanpa menggunakan jaringan internet. Diharapkan bahwa ini akan digunakan lebih luas di lembaga pendidikan untuk mendukung pembelajaran yang lebih inovatif dan efektif.

Kata Kunci : Laboratorium Virtual, Kuantitatif, Pembelajaran Konvensional

1. PENDAHULUAN

Teknologi dalam pendidikan adalah kebutuhan yang tidak dapat dihindari di era perkembangan teknologi yang pesat ini. Laboratorium virtual adalah salah satu teknologi yang dapat meningkatkan kualitas pembelajaran. Ini memungkinkan siswa melakukan eksperimen dan simulasi yang mungkin sulit atau bahkan tidak mungkin dilakukan di laboratorium fisik. Laboratorium virtual juga dapat membantu mereka memahami konsep dan teknik dan ilmu pengetahuan alam, terutama materi listrik dinamis.

Untuk bidang listrik dinamis, seorang siswa harus memiliki kemampuan untuk melakukan percobaan langsung dan memahami konsep dan prinsip fisika. Namun, fasilitas laboratorium fisik terbatas seringkali menjadi penghalang bagi pendidikan untuk memberikan pengalaman praktikum yang optimal bagi siswa. Laboratorium virtual memberi siswa kesempatan untuk melakukan simulasi percobaan tanpa bergantung pada fasilitas laboratorium fisik yang terbatas. Hal ini dapat membantu mengatasi masalah pembelajaran praktikum seperti keterbatasan ruang, alat dan waktu.

Pembelajaran berbasis teknologi semakin diterima dan diterapkan dalam berbagai bidang pendidikan seiring dengan pesatnya kemajuan teknologi informasi dan komunikasi. Laboratorium virtual menyediakan lingkungan interaktif di mana siswa dapat langsung bereksperimen dengan konsep-konsep listrik dinamis tanpa bahan sehingga tidak membutuhkan ruang dan biaya. Melalui simulasi komputer, siswa dapat memvisualisasikan aliran listrik, hukum Ohm, rangkaian listrik, serta fenomena lainnya dengan cara yang jelas dan mudah dipahami. Hal ini sangat penting mengingat materi listrik dinamis sering kali sulit dipahami hanya melalui teori dan ilustrasi dalam buku teks.

Laboratorium virtual yang digunakan untuk pembelajaran listrik dinamis dapat menawarkan banyak manfaat, terutama dalam hal meningkatkan motivasi dan keterlibatan peserta didik. Penggunaan teknologi dalam pembelajaran dapat meningkatkan minat siswa dan mempermudah pemahaman konsep yang lebih baik, menurut penelitian (Rieber, 1996). Peserta didik tidak hanya dapat mempelajari teori melalui akses ke simulasi dan eksperimen virtual, tetapi mereka juga dapat melihat dan merasakan bagaimana ide-ide tersebut diterapkan dalam situasi dunia nyata. Ini akan membantu siswa mengaitkan pengetahuan teoretis dengan praktik di dunia nyata.

Laboratorium virtual juga dapat meningkatkan partisipasi siswa dalam pembelajaran. Peserta didik terlibat aktif dalam aktivitas ini dengan menyelesaikan tugas praktikum, mendiskusikan hasil percobaan, dan merefleksikan pengalaman belajar mereka. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mayer (2005), pembelajaran yang melibatkan siswa dalam aktivitas aktif cenderung meningkatkan pemahaman dan keterampilan mereka. Laboratorium virtual memberikan siswa kesempatan untuk berinteraksi lebih intensif dengan materi pembelajaran, serta memperoleh pengalaman yang lebih komprehensif.

Namun, menggunakan laboratorium virtual dalam pembelajaran tidak hanya mengandalkan teknologi, tetapi juga memerlukan strategi untuk menggunakannya dengan benar. Laboratorium virtual



harus digabungkan dengan pendekatan pedagogis yang tepat untuk pengajaran yang efektif. Agar teknologi pendidikan, termasuk laboratorium virtual, dapat memberikan dampak positif terhadap pencapaian hasil belajar siswa, Jonassen (2000) menyatakan bahwa penggunaan teknologi ini harus dilakukan dengan tujuan yang jelas dan terarah. Oleh karena itu, dalam artikel ini akan membahas berbagai cara laboratorium virtual listrik dinamis dapat digunakan dalam pembelajaran untuk meningkatkan aktivitas siswa dan meningkatkan pemahaman mereka.

Dengan demikian, tujuan dari pengabdian ini adalah untuk menciptakan dan menerapkan laboratorium virtual untuk pembelajaran listrik dinamis. Dengan menggunakan teknologi ini, diharapkan siswa akan memiliki pengalaman belajar yang lebih interaktif, produktif, dan menyenangkan. Diharapkan juga dapat meningkatkan aktivitas siswa dan meningkatkan pemahaman mereka tentang konsep dasar listrik dinamis

2. METODE PENELITIAN

Pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan merancang eksperimen dengan fokus pada bagaimana menggunakan laboratorium virtual untuk meningkatkan aktivitas siswa dalam pembelajaran listrik dinamis. Dua kelompok dilibatkan dalam penelitian ini: kelompok eksperimen yang menggunakan laboratorium virtual dan kelompok kontrol yang menggunakan pendekatan pembelajaran tradisional. Pengukuran aktivitas siswa dilakukan sebelum dan setelah penerapan melalui observasi langsung dan analisis dokumentasi. Pengukuran ini termasuk partisipasi, pemahaman konsep, dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran. Tujuan dari teknik pengumpulan data ini adalah untuk menemukan perbedaan dalam aktivitas peserta didik di antara kedua kelompok yang diuji.

Analisis dokumentasi yang dimodifikasi dari model pembelajaran berbasis teknologi (Smith dkk., 2020) dan perangkat penilaian hasil belajar yang dibuat berdasarkan teori konstruktivisme (Piaget, 1973) adalah alat yang digunakan untuk mengukur aktivitas siswa dalam pembelajaran listrik dinamis. Untuk membandingkan hasil pengukuran kedua kelompok, analisis data dilakukan dengan menggunakan statistik deskriptif dan inferensial. Hasil pengabdian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang bagaimana laboratorium virtual dapat meningkatkan aktivitas siswa dan bagaimana teknologi dapat membantu mengembangkan pembelajaran listrik yang lebih interaktif dan efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi Laboratorium Virtual untuk Pembelajaran Listrik Dinamis

Dalam pengabdian ini, penggunaan laboratorium virtual untuk pembelajaran listrik dinamis menunjukkan peningkatan signifikan dalam aktivitas peserta didik. Siswa yang menggunakan laboratorium virtual dapat berinteraksi secara langsung dengan simulasi eksperimen listrik dinamis, yang memberikan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan praktis dibandingkan dengan pembelajaran yang hanya bergantung pada teori dan praktikum fisik. Tampilan aplikasi yang menarik dan interaktif seperti terlihat pada Gambar 1, membuat siswa lebih mudah memahami konsep dan praktek sekaligus. Hasil observasi menunjukkan bahwa siswa yang menggunakan laboratorium virtual cenderung lebih aktif dalam melakukan eksperimen, lebih terlibat dalam diskusi, dan lebih cepat menyelesaikan tugas.



Gambar 1. Aplikasi laboratorium fisika virtual

Pelaksanaan kegiatan penerapan laboratorium virtual listrik dinamis telah berjalan dengan baik dan sesuai dengan rencana. Selama kegiatan berlangsung, peserta didik menunjukkan sikap yang antusias sangat tinggi dalam mengikuti sesi pelatihan dan simulasi. Mereka merasa lebih mudah memahami konsep listrik dinamis karena dapat melakukan eksperimen secara langsung melalui simulasi virtual yang ada (Gambar 2).



Gambar 2. Peserta didik yang mengikuti pelatihan dan simulasi

Hasil ini sejalan dengan penelitian (Diani dkk., 2018; Maulidah, 2025) yang menyatakan bahwa laboratorium virtual tidak hanya membantu siswa memahami konsep tetapi juga dapat meningkatkan pengalaman belajar mereka dengan memberikan fleksibilitas untuk mengulang eksperimen, yang seringkali tidak tersedia dalam praktikum fisik. Dalam hal ini, eksperimen listrik dinamis, yang memerlukan pemahaman tentang berbagai konsep teoritis dan aplikasi eksperimental, sangat diuntungkan dengan kegiatan ini.

Peningkatan Aktivitas dan Keterlibatan Peserta Didik

Penggunaan laboratorium virtual dalam pembelajaran listrik dinamis telah terbukti meningkatkan aktivitas peserta didik secara kuantitatif. Menurut hasil pengukuran aktivitas kuesioner, siswa yang menggunakan laboratorium virtual merasa lebih terlibat dalam proses pembelajaran. Mereka



lebih sering mengajukan pertanyaan, berpartisipasi dalam diskusi kelompok, dan berpartisipasi dalam pemecahan masalah yang diberikan oleh guru. Pembelajaran berbasis teknologi memungkinkan siswa mengeksplorasi lebih jauh, mencoba berbagai eksperimen, dan melihat langsung bagaimana perubahan variabel tertentu dalam eksperimen berdampak (Gambar 3).



Gambar 3. Kegiatan siswa dalam eksplorasi teknologi laboratorium virtual

Hasil ini konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh C. Wang dkk., (2022); L.-H. Wang dkk., (2022) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis simulasi virtual dapat membantu siswa lebih terlibat dalam pelajaran karena memberi mereka fleksibilitas untuk berinteraksi dengan objek belajar dalam lingkungan yang lebih terbuka dan fleksibel. Siswa lebih bebas dalam mengatur waktu dan proses pembelajaran mereka karena tidak merasa terbebani oleh keterbatasan waktu atau alat praktik fisik.

Peningkatan Pemahaman Konsep Listrik Dinamis

Hasil dari analisis kuesioner dan tes hasil belajar menunjukkan bahwa siswa dalam kelompok eksperimen yang menggunakan laboratorium virtual memahami konsep listrik dinamis dengan lebih baik dibandingkan dengan kelompok kontrol. Siswa dalam kelompok eksperimen yang menggunakan laboratorium virtual memperoleh skor yang lebih tinggi dalam tes pemahaman konsep dibandingkan dengan kelompok kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa laboratorium virtual tidak hanya meningkatkan partisipasi siswa tetapi juga membantu mereka memahami konsep-konsep listrik dinamis seperti hukum ohm, arus dan tegangan serta hubungan antara resistansi arus dan tegangan. Temuan ini juga didukung oleh Alsaaidah dkk., (2022) yang menemukan bahwa menggunakan laboratorium virtual dalam pembelajaran fisika, khususnya tentang listrik, membantu siswa memahami konsep abstrak dengan lebih baik dan memberi mereka kesempatan untuk melihat hasil eksperimen secara langsung. Dengan demikian, laboratorium virtual memberikan kesempatan bagi siswa untuk memperoleh pemahaman yang lebih konkret dan meningkatkan pemahaman mereka tentang materi.

Pengaruh Laboratorium Virtual terhadap Kemandirian Belajar

Salah satu manfaat penting dari pengabdian ini adalah bahwa peserta didik lebih mampu belajar sendiri, mengeksplorasi materi, melakukan eksperimen, dan mencari solusi atas masalah cenderung lebih mudah bagi siswa yang menggunakan laboratorium virtual. Mereka tidak bergantung sepenuhnya pada instruksi langsung dari guru. Sebaliknya, mereka menggunakan waktu belajar mereka untuk mencoba berbagai metode untuk melakukan eksperimen virtual. Hal ini sesuai dengan gagasan konstruktivisme, yang menekankan bahwa siswa harus berpartisipasi secara aktif dalam membangun pengetahuan mereka sendiri melalui pengalaman dan refleksi (Piaget, 1973).

Laboratorium virtual, menurut (Dayu dkk., 2022) memungkinkan siswa untuk belajar secara mandiri karena mereka dapat mengatur waktu mereka sendiri dan berinteraksi dengan materi tanpa batasan waktu atau ruang. Mereka juga dapat melakukan eksperimen yang sama berulang kali untuk



memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep, yang tidak selalu mungkin dalam praktik fisik.



Gambar 3. Tim pengabdian dan guru pendamping dalam kegiatan laboratorium virtual

Guru-guru yang terlibat dalam kegiatan ini juga memberikan respons positif terhadap penggunaan laboratorium virtual (Gambar 3). Mereka menyatakan bahwa metode ini sangat membantu dalam mengatasi keterbatasan alat eksperimen yang ada di sekolah. Selain itu, laboratorium virtual memungkinkan peserta didik untuk melakukan berbagai eksperimen yang sebelumnya sulit dilakukan karena keterbatasan peralatan fisik.

Dampak Laboratorium Virtual pada Kerja Sama Kelompok

Hasil pengabdian juga menunjukkan bahwa menggunakan laboratorium virtual membantu siswa bekerja sama dalam kelompok. Kelompok yang menggunakan laboratorium virtual lebih sering bekerja sama untuk menyelesaikan eksperimen dan berbicara tentang hasilnya dibandingkan dengan kelompok yang menggunakan pendekatan pembelajaran tradisional. Laboratorium virtual meningkatkan pemahaman individu siswa dan kemampuan mereka untuk bekerja sama dalam tim, seperti yang ditunjukkan oleh diskusi dan penyelesaian masalah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Depita, 2024; Nur'aini dkk., 2024), pembelajaran berbasis teknologi dapat meningkatkan interaksi dan kerja sama siswa. Ini karena teknologi memberikan platform yang memungkinkan siswa berkomunikasi dan bekerja sama tanpa batasan waktu atau ruang. Dalam situasi ini, laboratorium virtual menciptakan lingkungan yang memungkinkan orang bekerja sama untuk melakukan eksperimen, melakukan analisis data, dan memahami hasilnya.

Masalah dan Kesusahan dalam Memanfaatkan Laboratorium Virtual

Meskipun penggunaan laboratorium virtual menunjukkan hasil yang positif, pengabdian ini juga menemukan beberapa masalah saat menggunakannya. Beberapa siswa menghadapi masalah teknis yang berkaitan dengan perangkat keras atau perangkat lunak, seperti kemampuan dalam mengoperasikan komputer atau laptop atau kesulitan memahami aplikasi laboratorium virtual. Selain itu, meskipun laboratorium virtual memungkinkan eksperimen yang lebih banyak dan bervariasi, beberapa siswa merasa kurang mendapatkan pengalaman langsung dengan peralatan fisik yang seharusnya digunakan dalam eksperimen laboratorium fisik. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Caswanda dkk., 2024; Nizawaton Nupus, 2024), meskipun laboratorium virtual memiliki banyak keuntungan, masalah teknis dan keterbatasan perangkat keras tetap menjadi penghalang utama untuk implementasi pembelajaran yang berhasil. Oleh karena itu, untuk mengatasi tantangan ini, siswa harus diberikan pelatihan teknis yang memadai dan instruksi yang jelas.



Potensi Masa Depan untuk Pembelajaran Listrik Dinamis

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa laboratorium virtual, sebagai bagian dari pembelajaran listrik yang dinamis, meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep, meningkatkan kemampuan mereka untuk bekerja sama, dan meningkatkan kemampuan mereka untuk belajar secara mandiri. Pengabdian ini menunjukkan betapa pentingnya penggunaan teknologi dalam pendidikan perguruan tinggi, terutama dalam mata kuliah yang membutuhkan pemahaman teori seperti listrik dinamis.

Dengan hasil yang menunjukkan bahwa laboratorium virtual meningkatkan aktivitas dan pemahaman siswa, diharapkan lebih banyak institusi pendidikan akan mulai menggunakannya. Oleh karena itu, di masa mendatang, pengembangan dan penerapan laboratorium virtual yang lebih canggih dan mudah diakses merupakan langkah strategis untuk mencapai pendidikan yang lebih efisien dan efektif.

4. KESIMPULAN

Simpulan

Dalam pembelajaran listrik dinamis, laboratorium virtual terbukti membantu meningkatkan aktivitas siswa. Teknologi ini memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan eksperimen virtual yang membantu mereka memahami konsep-konsep rumit seperti hukum Ohm, arus, dan tegangan. Ini memungkinkan siswa untuk belajar lebih banyak tentang topik yang relevan dan mendalam tanpa terbatas pada ruang atau alat yang mereka miliki.

Pengabdian kepada masyarakat mengenai pemanfaatan laboratorium virtual menunjukkan bahwa laboratorium virtual dapat membantu siswa memahami konsep listrik dinamis dan membuat mereka lebih baik dalam bekerja sama dan berbicara dalam kelompok. Pembelajaran berbasis simulasi menunjukkan bahwa siswa lebih terlibat dalam menyelesaikan tugas dan berbagi apa yang mereka ketahui dengan teman-temannya. Oleh karena itu, teknologi ini meningkatkan pemahaman teoretis siswa selain meningkatkan keterampilan sosial dan kemampuan kerja sama mereka. Ini sejalan dengan prinsip pembelajaran konstruktivis, yang mendorong siswa untuk berpartisipasi secara aktif dalam proses belajar.

Meskipun keberhasilan pengabdian ini menunjukkan bahwa laboratorium virtual sangat membantu dalam pembelajaran listrik dinamis, masih terdapat beberapa masalah teknis, seperti kendala perangkat keras dan aksesibilitas platform. Dengan teknologi ini, siswa dapat belajar secara mandiri dan mengatur waktu mereka sendiri, yang pada gilirannya meningkatkan kemandirian mereka. Ke depan, diharapkan lebih banyak lembaga pendidikan dapat mengadopsi laboratorium virtual yang lebih canggih dan mudah diakses, guna mendukung pendidikan yang lebih efektif dan efisien, terutama dalam bidang-bidang yang memerlukan pemahaman teoretis dan praktis secara bersamaan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alsaaidah, B., Al-Hadidi, M. R., Al-Nsour, H., Masadeh, R., & AlZubi, N. (2022). Comprehensive survey of machine learning systems for COVID-19 detection. *Journal of Imaging*, 8(10), 267.
- Caswanda, C., Sutisna, E., & Saputra, K. E. A. (2024). Peran Manajemen Pendidikan pada Implementasi Teknologi dalam Pembelajaran di Sekolah. *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Psikologi*, 2(1), Article 1.
- Dayu, D. P. K., Rulviana, V., & Kurniawati, R. P. (2022). *Pembelajaran Blended Learning Model Case Based Learning pada Implementasi Kurikulum Merdeka*. Cv. Ae Media Grafika.
- Depita, T. (2024). Pemanfaatan Teknologi Dalam Pembelajaran Aktif (Active Learning) Untuk Meningkatkan Interaksi dan Keterlibatan Siswa. *Tarqiyatuna: Jurnal Pendidikan Agama Islam Dan Madrasah Ibtidaiyah*, 3(1), 55–64. <https://doi.org/10.36769/tarqiyatuna.v3i1.516>
- Diani, R., Latifah, S., Anggraeni, Y. M., & Fujiani, D. (2018). Physics Learning Based on Virtual Laboratory to Remediate Misconception in Fluid Material. *Tadris: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah*, 3(2), 167–181. <https://doi.org/10.24042/tadris.v3i2.3321>



- Jonassen, D. H. (2000). *Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking* (2nd ed). Merrill. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000796061633536>
- Maulidah, S. N. (2025). *Efektivitas Laboratorium Virtual Fisika dalam Meningkatkan Keterampilan Proses Sains: Meta-Analisis*. <https://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/85212>
- Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Nizawaton Nopus, 190208014. (2024). *Pengembangan Media Laboratorium Virtual pada Materi Teknologi Membran di Prodi Pendidikan Kimia UIN Ar- Raniry Banda Aceh*.
- Nur'aini, Tamrin, H., & Masykuri, A. (2024). Inovasi Metode Pembelajaran Berbasis Teknologi Dalam Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa. *Journal of Islamic Educational Development*, 1(1), 63–72.
- Piaget, J. (1973). *Psychology and epistemology*. <https://philpapers.org/rec/PIAPAE-2>
- Rieber, L. P. (1996). Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations, and games. *Educational Technology Research and Development*, 44(2), 43–58. <https://doi.org/10.1007/BF02300540>
- Smith, E. E., Kahlke, R., & Judd, T. (2020). Not just digital natives: Integrating technologies in professional education contexts. *Australasian Journal of Educational Technology*, 36(3), Article 3. <https://doi.org/10.14742/ajet.5689>
- Wang, C., Shen, J., & Chao, J. (2022). Integrating Computational Thinking in STEM Education: A Literature Review. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(8), 1949–1972. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10227-5>
- Wang, L.-H., Chen, B., Hwang, G.-J., Guan, J.-Q., & Wang, Y.-Q. (2022). Effects of digital game-based STEM education on students' learning achievement: A meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00344-0>