

Efek Penggunaan Teknologi Digital Terhadap Kemampuan Argumentasi Mahasiswa Calon Guru Fisika

Ruly Kusuma¹⁾

Univeristas Negeri Surabaya¹⁾

Email: ruly.23092@mhs.unesa.ac.id¹⁾

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan teknologi digital terhadap kemampuan argumentasi mahasiswa calon guru fisika. Latar belakang penelitian ini didasari oleh kebutuhan akan calon guru yang mampu mengintegrasikan teknologi digital secara reflektif dalam proses pembelajaran untuk memperkuat kemampuan berpikir ilmiah dan argumentatif. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain pre-eksperimental tipe *one-group pretest-posttest*. Subjek penelitian melibatkan 89 mahasiswa program studi pendidikan fisika yang telah memiliki pengalaman dasar dalam praktik mengajar. Data dikumpulkan melalui angket kemampuan argumentasi yang mencakup lima indikator utama, yaitu kejelasan struktur argumen, kekuatan data dan bukti pendukung, keterkaitan dengan konteks pembelajaran, kepercayaan diri dalam menyampaikan argumen, serta kemampuan menanggapi opini orang lain. Analisis data dilakukan menggunakan uji normalitas, uji homogenitas, perhitungan *Normalized Gain* (N-Gain), dan *Effect size* untuk mengukur efektivitas penggunaan teknologi digital. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan teknologi digital berpengaruh positif terhadap peningkatan kemampuan argumentasi mahasiswa, dengan kategori peningkatan sedang pada aspek kejelasan struktur dan kekuatan data, serta rendah pada aspek sosial dan reflektif. Kesimpulan dari penelitian ini menegaskan bahwa pembelajaran berbasis teknologi digital efektif dalam memperkuat kemampuan berpikir logis dan analitis, namun masih perlu diintegrasikan dengan strategi kolaboratif dan reflektif untuk mengoptimalkan seluruh dimensi kemampuan argumentasi calon guru fisika.

Kata Kunci

Kemampuan Argumentasi; Pendidikan Fisika; Calon Guru; Teknologi Digital

This study aims to analyze the effect of using digital technology on the argumentation skills of pre-service physics teachers. The research is grounded in the need for future teachers who can reflectively integrate digital technology into the learning process to strengthen scientific and argumentative thinking skills. The study employed a quantitative approach with a pre-experimental one-group pretest-posttest design. The research subjects consisted of 89 physics education students who had prior experience in teaching practice. Data were collected using an argumentation skills questionnaire covering five key indicators: clarity of argument structure, strength of data and supporting evidence, relevance to learning context, confidence in presenting arguments, and ability to respond to others' opinions. Data analysis involved normality and homogeneity tests, Normalized Gain (N-Gain) calculation, and Effect size measurement to determine the effectiveness of digital technology use. The results showed that the use of digital technology had a positive effect on improving students' argumentation skills, with a moderate improvement in argument structure clarity and data strength, and a low improvement in social and reflective aspects. The study concludes that digital technology-based learning is effective in enhancing logical and analytical thinking skills but still needs to be integrated with collaborative and reflective strategies to optimize all dimensions of argumentation skills among pre-service physics teachers.

Keywords

Argumentation Skills; Digital Technology; Physics Education; Pre-service Teachers

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital di era Society 5.0 telah mengubah wajah pendidikan secara mendasar. Pemanfaatan perangkat digital seperti platform pembelajaran daring, laboratorium virtual, simulasi interaktif, dan kecerdasan buatan membuka peluang baru bagi dunia pendidikan untuk menjadi lebih adaptif, kolaboratif, dan terbuka terhadap perubahan (Zawacki-Richter, *et., al.*, 2019). Pendidikan tinggi, khususnya program studi kependidikan, kini dihadapkan pada tantangan untuk menyiapkan calon guru yang mampu beradaptasi dengan kompleksitas abad ke-21 (Caena & Redecker, 2019; Tomczyk, 2024). Dalam konteks ini, kemampuan argumentasi ilmiah menjadi kompetensi esensial karena mendukung kemampuan berpikir kritis (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, *et., al.*, 2021), pemecahan masalah (Nanyang Technological University, Singapore, *et., al.*, 2022), serta komunikasi logis dalam menjelaskan konsep akademik secara ilmiah (An Nuril Maulida Fauziah, *et., al.*, 2024).

Mahasiswa calon guru fisika sebagai generasi pendidik masa depan dituntut untuk mampu mengintegrasikan teknologi digital ke dalam pembelajaran (Sumarni, *et., al.*, 2023). Namun demikian, penggunaan teknologi digital tidak selalu memberikan dampak positif terhadap perkembangan kemampuan berpikir dan berargumentasi. Akses informasi yang berlimpah sering kali membuat mahasiswa lebih mengandalkan jawaban instan tanpa melakukan analisis mendalam (Watson, *et., al.*, 2025). Mereka cenderung mengutip informasi dari internet tanpa proses evaluasi kritis yang memadai, sehingga menimbulkan fenomena *information overload* yang dapat melemahkan daya nalar dan kemampuan menyusun argumen yang koheren serta berbasis bukti (Chara-DeLosRios, *et., al.*, 2025; Skulmowski & Xu, 2022). Dengan demikian, teknologi digital dapat menjadi pisau bermata dua: di satu sisi memperkaya pengalaman belajar, tetapi di sisi lain berpotensi menurunkan kualitas argumentasi apabila tidak digunakan secara reflektif (Hassen, 2025).

Hasil studi pendahuluan menunjukkan bahwa sebagian mahasiswa calon guru fisika masih mengalami kesulitan dalam mengaplikasikan teknologi digital, khususnya dalam merancang pembelajaran berbasis teknologi yang selaras dengan kebutuhan peserta didik (Consoli, *et., al.*, 2023) (Große-Heilmann, *et., al.*, 2022; Silitonga, *et., al.*, 2025). Kondisi ini sejalan dengan temuan bahwa banyak calon guru fisika belum memiliki kompetensi pedagogik dan teknologi yang memadai untuk mengintegrasikan media digital secara efektif dalam pembelajaran (Lachner, *et., al.*, 2021). Meskipun mereka mampu mengoperasikan teknologi digital, banyak yang belum memahami bagaimana mengintegrasikannya secara pedagogis. Kondisi ini sejalan dengan temuan bahwa literasi TIK guru masih tergolong rendah, sehingga menyebabkan kesulitan dalam mendesain aktivitas pembelajaran yang

bermakna (Akram, *et. al.*, 2022). Akibatnya, teknologi sering kali hanya digunakan sebagai alat bantu presentasi, bukan sebagai sarana untuk membangun interaksi belajar yang reflektif dan argumentatif (Aleksieva, 2025) (Mercader & Gairín, 2020) (Zhang, *et. al.*, 2022).

Berbagai penelitian terdahulu memang telah menyoroti manfaat teknologi digital dalam meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan akademik, serta literasi digital mahasiswa. Namun, kajian yang secara eksplisit mengaitkan penggunaan teknologi digital dengan kemampuan argumentasi ilmiah masih sangat terbatas, khususnya pada konteks mahasiswa calon guru fisika. Sebagian besar studi argumentasi dalam pendidikan sains masih berfokus pada siswa sebagai subjek penelitian, bukan pada calon guru (Triandana, *et. al.*, 2025). Padahal, mahasiswa calon guru memiliki posisi strategis sebagai agen transformasi pembelajaran sains di masa depan. Penguatan kemampuan argumentasi mereka merupakan investasi jangka panjang bagi peningkatan kualitas pendidikan sains di Indonesia.

Kemampuan pedagogis calon guru fisika tidak hanya diukur dari sejauh mana mereka menguasai materi fisika, tetapi juga dari kemampuan mereka mengelola dan mengkomunikasikan ide ilmiah secara argumentatif. Penggunaan teknologi digital secara berlebihan tanpa pemahaman pedagogis dapat menimbulkan ketergantungan yang justru menghambat kreativitas dalam merancang pembelajaran (Trgalová & Tabach, 2024). Oleh karena itu, penguasaan pedagogi yang terintegrasi dengan kemampuan argumentasi menjadi fondasi penting agar calon guru mampu memanfaatkan teknologi secara kritis, reflektif, dan produktif dalam konteks pembelajaran fisika.

Argumentasi ilmiah dalam pembelajaran fisika memerlukan dukungan literasi digital yang kuat (Leming & Johanson, 2023). Berdasarkan hasil observasi awal, banyak mahasiswa calon guru fisika masih bergantung pada sistem kecerdasan buatan seperti *ChatGPT* atau sumber daring lainnya tanpa mengembangkan kemampuan reflektif terhadap informasi yang diperoleh (Markos, *et. al.*, 2024) (Noster, *et. al.*, 2024). Kondisi ini menunjukkan lemahnya kemampuan reduksi informasi dan penyusunan argumen berbasis bukti. Paparan informasi digital yang tidak terkelola dengan baik dapat menghasilkan argumen yang tidak fokus, bertele-tele, bahkan tidak valid (Chara-DeLosRios, *et. al.*, 2025).

Dalam konteks pendidikan fisika, kemampuan argumentasi tidak sekadar mencakup penyusunan pendapat, tetapi juga bagaimana calon guru mampu menalar dan mengaitkan argumen dengan konsep ilmiah serta situasi pembelajaran. Berdasarkan (Marthaliakirana, *et. al.*, 2022a), kemampuan argumentasi dapat diukur melalui lima indikator utama, yaitu: (1) kejelasan struktur argumentasi, (2) kekuatan data dan bukti pendukung, (3) keterkaitan argumen dengan konteks pembelajaran,

(4) keberanian serta kepercayaan diri dalam menyampaikan argumen, dan (5) kemampuan menanggapi argumen atau opini orang lain. Kelima indikator ini dipilih karena memberikan representasi menyeluruh terhadap dimensi kognitif, afektif, dan sosial dalam berargumentasi ilmiah. Indikator tersebut juga relevan dengan tujuan pendidikan fisika, yang tidak hanya menekankan penguasaan konsep tetapi juga kemampuan berpikir reflektif, komunikatif, dan kontekstual dalam menyampaikan ide-ide ilmiah.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan teknologi digital dalam pembelajaran sains dapat meningkatkan motivasi dan pemahaman konseptual mahasiswa, misalnya melalui penggunaan *PhET Simulation*, laboratorium virtual, dan aplikasi berbasis *augmented reality* (AR) (Finkelstein, *et., al.,* 2005). Namun, penelitian yang secara eksplisit menelaah hubungan antara penggunaan teknologi digital dan kemampuan argumentasi ilmiah masih terbatas, terutama pada konteks calon guru fisika. Berdasarkan data observasi penelitian sebagian besar calon guru fisika menunjukkan keterbatasan dalam keterampilan argumentasi ilmiah, terutama pada aspek merumuskan klaim yang jelas, menghubungkan bukti yang relevan dengan klaim, dan menyusun penjelasan penyanggahan (*rebuttal*); kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian di Argentina, di mana integrasi teknologi digital dalam pendidikan guru IPA menunjukkan tantangan dalam pencapaian level argumentasi yang lebih tinggi meskipun penggunaan peta argumen, *inquiry* berbasis web, dan permainan digital sudah diterapkan (Romano, *et., al.,* 2021). Rendahnya kemampuan ini dapat berdampak pada kualitas pembelajaran di masa depan karena calon guru berperan penting dalam menumbuhkan kemampuan berpikir kritis siswa (Christodoulou & Papanikolaou, 2023) (Dolezal, *et., al.,* 2025). Padahal, mahasiswa calon guru memiliki posisi strategis sebagai agen perubahan yang akan mentransformasikan pembelajaran sains di masa depan (Lekhu, 2023) (Munfaridah, *et., al.,* 2022). Oleh karena itu, kajian tentang efek penggunaan teknologi digital terhadap kemampuan argumentasi calon guru fisika menjadi penting untuk dilakukan, agar institusi pendidikan tinggi dapat merancang strategi pembelajaran yang efektif, reflektif, dan berkelanjutan.

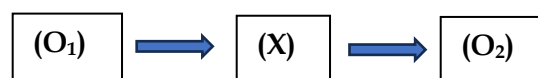
Meskipun berbagai studi telah mengkaji penggunaan teknologi digital dalam pembelajaran fisika, sebagian besar penelitian masih berfokus pada peningkatan hasil belajar kognitif dan motivasi siswa, bukan pada aspek argumentasi ilmiah yang bersifat reflektif dan berbasis bukti (Triananda, *et., al.,* 2025). Selain itu, penelitian terdahulu umumnya melibatkan peserta didik sekolah menengah, sehingga konteks pengembangan kompetensi argumentasi bagi calon guru fisika masih relatif kurang dieksplorasi. Padahal, calon guru berperan sebagai agen utama dalam mentransfer literasi digital dan pola pikir ilmiah kepada peserta didik di masa depan. Oleh

karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan dengan menganalisis efek penggunaan teknologi digital terhadap kemampuan argumentasi calon guru fisika berdasarkan lima indikator komprehensif menurut Marthaliakirana, Suwono, Saefi, dan Gofur (Marthaliakirana, *et., al.*, 2022b), yaitu kejelasan struktur argumen, kekuatan data dan bukti, keterkaitan konteks, kepercayaan diri dalam menyampaikan argumen, serta kemampuan menanggapi argumen lain. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat memperkuat pemahaman teoretis dan praktis mengenai bagaimana pembelajaran berbasis teknologi digital dapat meningkatkan kualitas kemampuan argumentatif calon guru fisika secara pedagogis dan kontekstual pada era Society 5.0.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain *pre-experimental one-group pretest-posttest design*. Desain ini dipilih untuk menelaah efek penggunaan teknologi digital terhadap kemampuan argumentasi calon guru fisika tanpa melibatkan kelompok kontrol, sehingga fokus analisis diarahkan pada perubahan skor sebelum dan sesudah perlakuan pada kelompok yang sama. Model ini dinilai tepat untuk mengidentifikasi *direct learning effect* dari penerapan teknologi digital terhadap kemampuan berpikir argumentatif karena memungkinkan peneliti memantau peningkatan kognitif yang bersifat individual maupun kolektif, sehingga perubahan hasil belajar dapat diinterpretasikan sebagai efek potensial dari perlakuan yang diberikan (Kim, 2022). Dengan demikian, walaupun tidak melibatkan kelompok kontrol, desain ini tetap relevan untuk mengidentifikasi adanya peningkatan signifikan dalam kemampuan argumentasi akibat penggunaan teknologi digital.



Gambar 1. *Pre-Eksperimen Pretest-Posttest Design*

Rancangan ini melibatkan tiga tahap utama, yaitu *pretest* (O_1), *treatment* (X), dan *posttest* (O_2) seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Pada tahap *pretest*, calon guru fisika diberikan instrumen kemampuan argumentasi ilmiah untuk mengukur tingkat kemampuan awal mereka dalam menyusun, menilai, dan menanggapi argumen ilmiah. Tahap *treatment* dilakukan melalui penerapan pembelajaran berbasis teknologi digital kontekstual, seperti penggunaan simulasi interaktif, media visual, dan platform kolaboratif daring untuk mendukung eksplorasi konsep fisika dan penyusunan argumen berbasis bukti. Selanjutnya, pada tahap *posttest*, peserta

diberikan kembali instrumen serupa untuk mengevaluasi perubahan kemampuan argumentatif setelah penerapan teknologi digital. Data hasil *pretest* dan *posttest* kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif menggunakan SPSS, melalui uji normalitas dan homogenitas, serta perhitungan N-Gain dan *Effect size* guna menentukan tingkat efektivitas intervensi (Ghasemi & Zahediasl, 2012).

2. Populasi dan Sampel

Populasi pada penelitian ini adalah mahasiswa/calon guru fisika semester 7 Universitas Negeri Surabaya. Sampel terdiri atas 89 mahasiswa yang mengikuti mata kuliah berbasis teknologi digital pada program studi Pendidikan fisika. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* karena dipilih berdasarkan kriteria tertentu, yakni mahasiswa yang telah memiliki pengalaman dasar dalam praktik mengajar dan kemampuan dasar argumentasi ilmiah. Pendekatan ini sejalan dengan pandangan Ahmad dan Wilkins (Ahmad & Wilkins, 2025) yang menjelaskan bahwa *purposive sampling* memungkinkan peneliti memilih partisipan dengan karakteristik spesifik yang paling relevan terhadap fokus dan tujuan penelitian, sehingga data yang diperoleh lebih representatif terhadap konteks yang diteliti.

3. Teknik Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan angket respon mahasiswa yang sudah melalui validasi ahli. Respon mahasiswa diukur menggunakan skala *likert* 1-4 (kurang-sangat baik) dengan instrumen di dalam angket yang terstruktur. Proses pengumpulan data dilakukan melalui tiga tahap yaitu tahap Pertama berupa tahap persiapan seperti menyusun instrument dan uji validasi oleh para ahli. Kedua, tahap persiapan berupa membagikan angket *pretest* kepada calon guru fisika dan tahap terakhir memberikan angket *posttest* setelah diterapkannya pembelajaran berbasis teknologi digital. Angket respon terdiri dari lima indikator kemampuan argumentasi yaitu kejelasan struktur argumentasi, kekuatan data dan bukti pendukung, keterkaitan dengan konteks pembelajaran, keberanian dalam menyampaikan argumen, serta kemampuan menanggapi opini orang lain (Fakhriyah, *et., al.,* 2022). Pemilihan indikator kemampuan argumentasi yang mengacu pada pada Fakhriyah, *et., al.,* (2022) dianggap tepat karena kemampuan argumentasi ilmiah tidak hanya mencerminkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, tetapi juga merupakan cerminan pemahaman peserta didik terhadap pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif.

Tabel 1. Kuesioner Kemampuan Argumentasi

Indikator	Pernyataan	Skor
Kejelasan struktur argumentasi	Saya dapat menyusun argumen yang terdiri dari pernyataan utama, alasan, dan kesimpulan secara sistematis.	1-4
	Saya mampu menyampaikan pendapat secara runtut, logis, dan tidak membingungkan.	1-4
	Saya menggunakan kalimat yang terstruktur dan mudah dipahami ketika menjelaskan ide saya di media digital.	1-4
	Saya menghindari argumen yang bersifat emosional atau tidak rasional saat berdiskusi secara daring.	1-4
Kekuatan data dan bukti pendukung	Saya selalu menyertakan fakta, data, atau kutipan untuk mendukung pendapat saya.	1-4
	Saya selalu mengkaji ulang validitas sumber informasi sebagai bukti argumen.	1-4
	Saya dapat membedakan antara bukti yang kuat dan bukti yang tidak meyakinkan dalam diskusi digital.	1-4
	Saya selalu memanfaatkan teknologi (misalnya mesin pencari, jurnal daring) untuk memperkuat pendapat saya.	1-4
Keterkaitan argument dengan konteks pembelajaran	Saya selalu menghubungkan argumen dengan praktik pembelajaran di kelas secara konkret.	1-4
	Saya mampu mengungkapkan bagaimana pendapat yang dapat diterapkan dalam pengajaran fisika.	1-4
	Saya mempertimbangkan karakteristik kondisi pendengar saat berargumentasi.	1-4
	Saya mampu memberikan contoh aplikasi nyata dalam pembelajaran fisika	1-4
Keberanian dan kepercayaan diri dalam menyampaikan argumen	Saya percaya diri menyampaikan pendapat di forum <i>online</i> (Zoom, LMS, media sosial akademik, dsb.).	1-4
	Saya tidak takut untuk berpendapat meskipun berbeda dengan mayoritas dalam diskusi daring.	1-4
	Saya aktif menyampaikan ide dalam diskusi berbasis teknologi seperti forum diskusi, kolaborasi digital, atau presentasi <i>online</i> .	1-4
	Saya merasa nyaman menanggapi kritikan secara terbuka di ruang digital.	1-4
Kemampuan menanggapi argument diri/opini orang lain	Saya mendengarkan/membaca pendapat orang lain dengan cermat sebelum merespons.	1-4
	Saya mampu menanggapi alasan secara logis berdasarkan data pendukung	1-4
	Saya mampu memberikan kontra-argumen dengan alasan dan bukti, tanpa menyerang secara pribadi.	1-4
	Saya menghargai perbedaan pendapat dalam diskusi di ruang digital / terbuka dan menjadikannya peluang untuk berpikir kritis.	1-4

Setiap indikator diwakili oleh empat pernyataan pada skala Likert, dan indikator yang sama digunakan baik pada tahap *pretest* maupun *posttest*, sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Pemilihan indikator dari Fakhriyah, *et., al.*, (2022) dianggap relevan karena kemampuan argumentasi ilmiah tidak hanya mencerminkan keterampilan berpikir tingkat tinggi, tetapi juga menggambarkan pemahaman faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif peserta didik.

4. Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis menggunakan pendekatan statistik deskriptif dan inferensial dengan bantuan perangkat lunak IBM SPSS versi 20. Langkah pertama adalah melakukan uji prasyarat analisis, yang mencakup uji normalitas dan uji homogenitas varians. Uji normalitas dilakukan menggunakan *Kolmogorov-Smirnov test*, dengan kriteria data berdistribusi normal apabila nilai signifikansi (Sig.) $\geq 0,05$ (DemiR, 2022; Habibzadeh, 2024). Selanjutnya, uji homogenitas dilakukan menggunakan *Levene's Test* untuk memastikan bahwa varians antara kelompok data *pretest* dan *posttest* memiliki kesamaan, dengan kriteria nilai Sig. $\geq 0,05$ menandakan bahwa data bersifat homogen (Ojeda, 2024; Zhou, *et., al.*, 2023). Tahap kedua yaitu menghitung nilai N-Gain (*Normalized Gain*) untuk mengetahui tingkat peningkatan kemampuan argumentatif setelah perlakuan. Nilai N-Gain dihitung dengan berbantu excel menggunakan rumus:

$$g = \frac{\text{mean post} - \text{mean pre}}{\text{nilai max} - \text{mean pre}}$$

Tabel 2. Kategori N-Gain

N-Gain	Kategori
$g \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq g < 0,7$	Sedang
$g < 0,3$	Rendah

Sumber: Hake (1999)

Pada tabel 2 menunjukkan kriteria N-gain yang digunakan menurut Hake (1999), yaitu nilai $g \geq 0,70$ termasuk kategori tinggi, $0,30 \leq g < 0,70$ termasuk kategori sedang, dan $g < 0,30$ termasuk kategori rendah. Nilai N-Gain membantu menentukan seberapa besar peningkatan kemampuan argumentatif terjadi setelah penerapan teknologi digital (Bao, *et., al.*, 2020). Tahap terakhir adalah menghitung *Effect size* untuk mengukur besarnya pengaruh penggunaan teknologi digital terhadap kemampuan argumentasi calon guru fisika. Kriteria efek size terbagi menjadi 4 kategori seperti pada tabel 3, yaitu kategori sangat rendah ($0 \geq d < 0,20$), rendah ($0,20 \geq d < 0,50$), sedang ($0,50 \geq d < 1$), dan tinggi ($d \geq 1$) (Correll, *et., al.*, 2020). Nilai *Effect size* dihitung dengan berbantu excel menggunakan rumus Cohen's d:

$$d = \frac{\text{mean post} - \text{mean pre}}{SD \text{ pooled}}$$

Tabel 3. Kriteria Efek Size

Effect size	Kriteria
$0 \geq \text{nilai} < 0,20$	Sangat Rendah
$0,20 \geq \text{nilai} < 0,50$	Rendah
$0,50 \geq \text{nilai} < 1$	Sedang
> 1	Tinggi

Sumber: Correll, et., al., (2020)

Analisis *Effect size* memberikan interpretasi yang lebih kuat terhadap dampak praktis perlakuan, melengkapi hasil signifikansi statistik yang diperoleh dari uji parametrik. Dengan demikian, hasil analisis N-Gain dan *Effect size* digunakan secara komplementer untuk mengidentifikasi efektivitas pembelajaran berbasis teknologi digital dalam meningkatkan kemampuan argumentatif calon guru fisika.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Temuan penelitian ini dianalisis menggunakan perangkat lunak berupa *Statistical Package for the Social Science* (SPSS) versi 20. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan angket respon digital yang diisi oleh 89 responden. Angket diisi oleh calon guru fisika yang berasal dari berbagai daerah dengan budaya yang berbeda. Uji yang digunakan meliputi normality test dan homogeneity test. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengidentifikasi efek penggunaan teknologi digital terhadap kemampuan argumentasi calon guru fisika.

Tabel 4. Uji Normalitas dan Uji Homogenitas

Indikator	Uji Normalitas		Uji Homogenitas	
	Sig.	Kriteria	Sig.	Kriteria
Kejelasan struktur argumentasi	0,157		0,156	
Kekuatan data dan bukti pendukung	0,093		0,111	
Keterkaitan argument dengan konteks pembelajaran	0,069	Normal	0,138	Homogen
Keberanian dan kepercayaan diri dalam menyampaikan argumen	0,091		0,175	
Kemampuan menanggapi argument diri/opini orang lain	0,058		0,111	

Dari Tabel 4, berdasarkan hasil normality test (*Kolmogorov-Smirnov*), diperoleh nilai signifikansi (Sig.) pada setiap indikator kemampuan argumentasi calon guru fisika sebagai berikut: kejelasan struktur argumentasi sebesar 0,157, kekuatan data dan bukti pendukung sebesar 0,093, keterkaitan argumen dengan konteks pembelajaran sebesar 0,069, keberanian dan kepercayaan diri dalam menyampaikan argumen sebesar 0,091, serta kemampuan menanggapi argumen diri atau opini orang lain sebesar 0,058. Seluruh nilai signifikansi yang diperoleh lebih besar dari

0,05, sehingga dapat disimpulkan bahwa data untuk setiap indikator berdistribusi normal.

Temuan ini memperlihatkan bahwa skor *pretest* dan *posttest* kemampuan argumentatif mahasiswa menyebar secara proporsional di sekitar nilai rata-rata, tanpa adanya kemencengan data yang signifikan. Distribusi yang normal menunjukkan bahwa kemampuan argumentatif mahasiswa memiliki pola yang relatif seragam antar individu, baik sebelum maupun sesudah penerapan teknologi digital dalam pembelajaran.

Selanjutnya, hasil homogeneity test (*Levene's Test*) menunjukkan nilai signifikansi untuk masing-masing indikator yaitu: kejelasan struktur argumentasi sebesar 0,156, kekuatan data dan bukti pendukung sebesar 0,111, keterkaitan argumen dengan konteks pembelajaran sebesar 0,138, keberanian dan kepercayaan diri dalam menyampaikan argumen sebesar 0,175, serta kemampuan menanggapi argumen diri/opini orang lain sebesar 0,111. Seluruh nilai tersebut lebih besar dari 0,05, yang berarti data pada Tabel 4 memiliki varians yang homogen.

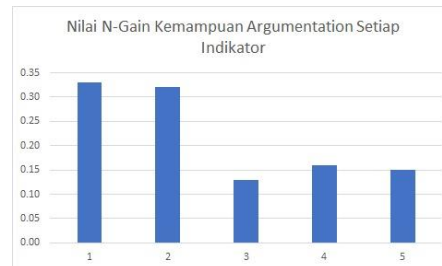
Artinya, sebaran data pada kelompok *pretest* dan *posttest* relatif seragam dan tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam varians antar kelompok pengukuran. Kondisi ini menunjukkan bahwa data telah memenuhi syarat kedua dari analisis parametrik, yaitu homogenitas varians. Homogenitas varians penting karena memastikan bahwa perbedaan skor rata-rata antara sebelum dan sesudah perlakuan benar-benar disebabkan oleh efek penggunaan teknologi digital, bukan oleh ketidakseimbangan penyebaran data antar kelompok. Secara keseluruhan, hasil kedua uji ini menunjukkan bahwa data penelitian layak untuk dianalisis menggunakan uji parametrik lanjutan, seperti perhitungan N-Gain dan *Effect size* (Cohen's d).

Selanjutnya dilakukan analisis N-Gain untuk mengetahui kemampuan argumentasi calon guru fisika peserta setelah diterapkannya model pembelajaran berbasis teknologi digital. Setelah data dinyatakan memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas, analisis dilanjutkan dengan menghitung N-Gain (*Normalized Gain*) untuk mengetahui tingkat peningkatan kemampuan argumentatif calon guru fisika setelah penerapan pembelajaran berbasis teknologi digital.

Tabel 5. N-Gain dan *Effect size*

Indikator	N-Gain		<i>Effect size</i>	
	Hasil	Kriteria	Hasil	Kriteria
Kejelasan struktur argumentasi	0,33	Sedang	0,594	Sedang
Kekuatan data dan bukti pendukung	0,32	Sedang	0,551	Sedang
Keterkaitan argument dengan konteks pembelajaran	0,13	Rendah	0,265	Rendah
Keberanian dan kepercayaan diri dalam menyampaikan argumen	0,16	Rendah	0,255	Rendah
Kemampuan menanggapi argument diri/opini orang lain	0,15	Rendah	0,247	Rendah

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5, nilai N-Gain untuk setiap indikator diperoleh sebagai berikut: kejelasan struktur argumentasi 0,33 (kategori sedang), kekuatan data dan bukti pendukung 0,32 (kategori sedang), keterkaitan argumen dengan konteks pembelajaran 0,13 (kategori rendah), keberanian dan kepercayaan diri dalam menyampaikan argumen 0,16 (kategori rendah), serta kemampuan menanggapi argumen diri/opini orang lain 0,15 (kategori rendah).



Gambar 2. Diagram Hasil N-Gain

Untuk memperjelas tingkat peningkatan kemampuan argumentatif pada setiap indikator, Gambar 2 menyajikan diagram batang nilai N-Gain per indikator kemampuan argumentasi ilmiah calon guru fisika. Diagram tersebut memperlihatkan bahwa indikator kejelasan struktur argumentasi dan kekuatan data serta bukti pendukung memiliki peningkatan tertinggi dengan kategori sedang, sedangkan tiga indikator lainnya berada pada kategori rendah.

Selanjutnya, hasil analisis *Effect size* (Cohen's d) digunakan untuk menilai seberapa kuat pengaruh penggunaan teknologi digital terhadap kemampuan argumentasi. Berdasarkan Tabel 5, diperoleh nilai *Effect size* (Cohen's d) untuk masing-masing indikator sebagai berikut: kejelasan struktur argumentasi 0,594 (kategori sedang), kekuatan data dan bukti pendukung 0,551 (kategori sedang), keterkaitan argumen dengan konteks pembelajaran 0,265 (kategori rendah), keberanian dan kepercayaan diri dalam menyampaikan argumen 0,255 (kategori rendah), serta kemampuan menanggapi argumen diri/opini orang lain 0,247 (kategori rendah).

Berdasarkan uji N-Gain, peningkatan tertinggi terjadi pada indikator kejelasan struktur argumentasi dengan nilai 0,33 (kategori sedang) dan kekuatan data dan bukti pendukung dengan nilai 0,32 (kategori sedang). Sementara itu, tiga indikator lainnya yaitu keterkaitan argumen dengan konteks pembelajaran (0,13), keberanian dan kepercayaan diri dalam menyampaikan argumen (0,16), serta kemampuan menanggapi argumen diri/opini orang lain (0,15) berada pada kategori rendah. Nilai *Effect size* (Cohen's d) yang berkisar antara 0,247–0,594 menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan teknologi digital terhadap kemampuan argumentasi berada pada kategori rendah hingga sedang, sehingga dapat disimpulkan bahwa intervensi

ini memberikan pengaruh positif namun belum optimal pada seluruh aspek argumentasi.

Temuan Berdasarkan uji N-Gain, peningkatan tertinggi terjadi pada indikator kejelasan struktur argumentasi dengan nilai 0,33 (kategori sedang) dan kekuatan data dan bukti pendukung dengan nilai 0,32 (kategori sedang). Sementara itu, tiga indikator lainnya yaitu keterkaitan argumen dengan konteks pembelajaran (0,13), keberanian dan kepercayaan diri dalam menyampaikan argumen (0,16), serta kemampuan menanggapi argumen diri/opini orang lain (0,15) berada pada kategori rendah. Nilai *Effect size* (Cohen's d) yang berkisar antara 0,247–0,594 menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan teknologi digital terhadap kemampuan argumentasi berada pada kategori rendah hingga sedang, sehingga dapat disimpulkan bahwa intervensi ini memberikan pengaruh positif namun belum optimal pada seluruh aspek argumentasi.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Canoz, *et. al.*, (2022) yang melaporkan bahwa penerapan media digital interaktif dapat meningkatkan kemampuan argumentatif mahasiswa melalui kegiatan eksplorasi konsep dan diskusi berbasis bukti (Canoz, *et. al.*, 2022). Namun, peningkatan paling signifikan juga ditemukan pada aspek penyusunan dan kejelasan struktur argumen, sedangkan aspek kepercayaan diri dan kemampuan menanggapi argumen lawan masih berkembang secara lambat. Hal ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis teknologi digital lebih efektif dalam memperkuat aspek kognitif argumentasi dibanding aspek afektif dan sosial.

Selain itu, hasil penelitian ini juga konsisten dengan Pertiwi dan Triananda yang menemukan bahwa penggunaan teknologi digital seperti simulasi interaktif dan platform kolaboratif daring dapat membantu peserta didik mengembangkan pola berpikir ilmiah dan menyusun argumen berdasarkan data empiris. Namun, peningkatan pada dimensi komunikasi argumentatif masih bergantung pada intensitas interaksi dan refleksi selama proses pembelajaran (Triananda, *et. al.*, 2025).

Keunikan hasil penelitian ini terletak pada ketimpangan peningkatan antarindikator kemampuan argumentasi. Walaupun indikator kognitif seperti kejelasan struktur dan kekuatan bukti meningkat secara moderat, indikator sosial dan kontekstual justru rendah. Rendahnya peningkatan pada indikator sosial ini kemungkinan disebabkan oleh terbatasnya interaksi antarteman dalam lingkungan pembelajaran digital yang lebih menekankan eksplorasi konten dibandingkan keterlibatan dialogis. Mahasiswa cenderung fokus pada penyelesaian tugas digital dan eksplorasi mandiri, tetapi kurang mendapatkan ruang untuk berdebat, berdiskusi terbuka, dan saling memberi umpan balik terhadap argumen. Akibatnya, kemampuan seperti keberanian menyampaikan pendapat dan menanggapi opini

orang lain tidak berkembang seoptimal aspek kognitif. Fenomena ini sejalan dengan hasil penelitian Mansour yang menyatakan bahwa lingkungan pembelajaran digital memerlukan scaffolding dan panduan reflektif agar peserta didik tidak hanya pasif sebagai penerima informasi, melainkan aktif dalam dialog ilmiah (Mansour, 2024). Dengan demikian, peran dosen sebagai fasilitator diskusi menjadi krusial untuk menyeimbangkan perkembangan antara dimensi kognitif dan afektif dalam kemampuan argumentasi.

Selain itu, hasil ini juga menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital kontekstual dalam pembelajaran fisika perlu dirancang agar memfasilitasi interaksi sosial dan refleksi ilmiah, bukan hanya eksplorasi konsep. Penggunaan media seperti virtual lab atau *interactive simulation* memang efektif dalam membantu peserta memahami hubungan kausal antarvariabel fisika, namun belum tentu mendorong keberanian berargumentasi atau kemampuan menyanggah pendapat. Oleh karena itu, kombinasi antara pembelajaran berbasis teknologi digital dengan metode *collaborative inquiry* atau *argument-driven inquiry* perlu dipertimbangkan untuk menciptakan keseimbangan antara eksplorasi digital dan komunikasi ilmiah (Chen & Chen, 2025) (Erenler, *et., al.*, 2025).

Secara keseluruhan, temuan ini memperluas hasil-hasil penelitian terdahulu dengan menekankan bahwa efektivitas teknologi digital kontekstual dalam mengembangkan kemampuan argumentasi bersifat parsial dan selektif antarindikator. Inovasi pembelajaran berbasis teknologi memang terbukti meningkatkan kemampuan berpikir ilmiah dan menyusun argumen berbasis bukti, namun belum cukup untuk mengembangkan keberanian, kepercayaan diri, dan kemampuan menanggapi argumen lain secara kritis. Oleh karena itu, penelitian ini berkontribusi dalam memberikan gambaran empiris bahwa untuk mencapai pengembangan argumentasi ilmiah yang komprehensif, pembelajaran fisika berbasis teknologi digital perlu dilengkapi dengan strategi interaksi sosial yang intensif dan kegiatan refleksi berbasis dialog.

Keterbatasan penelitian ini terletak pada desain yang tidak melibatkan kelompok kontrol, sehingga hasil peningkatan kemampuan argumentasi hanya menggambarkan efek perlakuan pada satu kelompok dan belum dapat digeneralisasi secara luas. Selain itu, penelitian ini juga belum mengukur secara mendalam faktor-faktor afektif seperti motivasi dan sikap terhadap teknologi digital yang mungkin berkontribusi terhadap rendahnya indikator sosial. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk melibatkan kelompok pembandingan dan pendekatan campuran (*mixed methods*) agar diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai pengaruh teknologi digital terhadap berbagai dimensi kemampuan argumentasi calon guru fisika..

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan teknologi digital dalam pembelajaran fisika memberikan dampak positif terhadap pengembangan kemampuan argumentasi calon guru fisika. Pembelajaran berbasis digital terbukti efektif dalam memperkuat kemampuan berpikir logis dan analitis, namun belum sepenuhnya mampu meningkatkan aspek sosial seperti kepercayaan diri dan kemampuan menanggapi argumen dalam dialog ilmiah. Temuan ini secara konseptual menegaskan bahwa pengaruh teknologi digital terhadap kemampuan argumentasi bersifat parsial antarindikator, sehingga diperlukan integrasi strategi pedagogis yang menyeimbangkan dimensi kognitif dan sosial. Penerapan pendekatan *collaborative inquiry* atau *argument-driven inquiry* bersama media digital dapat mendorong interaksi reflektif dan penalaran berbasis bukti. Secara teoretis dan praktis, penelitian ini berkontribusi dalam memperkuat peran pembelajaran digital kontekstual dalam membentuk calon guru fisika yang kritis, komunikatif, dan adaptif terhadap transformasi pendidikan di era digital.

REFERENSI

- Ahmad, M., & Wilkins, S. (2025). Purposive sampling in qualitative research: A framework for the entire journey. *Quality & Quantity*, 59(2), 1461–1479. <https://doi.org/10.1007/s11135-024-02022-5>
- Akram, H., Abdelrady, A. H., Al-Adwan, A. S., & Ramzan, M. (2022). Teachers' Perceptions of Technology Integration in Teaching-Learning Practices: A Systematic Review. *Frontiers in Psychology*, 13, 920317. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.920317>
- Aleksieva, L. (2025). Preparing Pre-Service Teachers for the Digital Transformation of Education: Exploring University Teacher Educators' Views and Practical Strategies. *Education Sciences*, 15(4), 404. <https://doi.org/10.3390/educsci15040404>
- Anthony, L., Koo, A.-C., & Hew, S.-H. (2020). Self-regulated learning strategies and non-academic outcomes in higher education blended learning environments: A one decade review. *Education and Information Technologies*, 25(5), 3677–3704. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10134-2>
- An Nuril Maulida Fauziah, Wasis, Ahmad Fauzi Hendratmoko, Mahdiannur, M. A., Mochammad Zumar Firdaus Ermawan, Suwandi, E., & Ratri, S. Y. (2024). Relationship Between Critical Thinking and Scientific Argumentation in Science Learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 13(2). <https://doi.org/10.15294/pwqxc96>

- Arsal, Z. (2019). Critical multicultural education and preservice teachers' multicultural attitudes. *Journal for Multicultural Education*, 13(1), 106-118. <https://doi.org/10.1108/JME-10-2017-0059>
- Bentri, A., Hidayati, A., & Kristiawan, M. (2022). Factors supporting digital pedagogical competence of primary education teachers in Indonesia. *Frontiers in Education*, 7, 929191. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.929191>
- Caena, F., & Redecker, C. (2019). Aligning teacher competence frameworks to 21st century challenges: The case for the European Digital Competence Framework for Educators (*DIGCOMPEDU*) . *European Journal of Education*, 54(3), 356-369. <https://doi.org/10.1111/ejed.12345>
- Chara-DeLosRios, T., Bejarano-Álvarez, P., Poma-Cornejo, H., Quispe-Munares, M., & Reyes-Contreras, K. (2025). Critical Thinking in the Information Age: A Systematic Review on the Role of MIL and Information Overload. *Seminars in Medical Writing and Education*, 4, 448. <https://doi.org/10.56294/mw2025448>
- Christodoulou, P., & Papanikolaou, A. (2023). Examining Pre-Service Teachers' Critical Thinking Competences within the Framework of Education for Sustainable Development: A Qualitative Analysis. *Education Sciences*, 13(12), 1187. <https://doi.org/10.3390/educsci13121187>
- Consoli, T., Désiron, J., & Cattaneo, A. (2023). What is "technology integration" and how is it measured in K-12 education? A systematic review of survey instruments from 2010 to 2021. *Computers & Education*, 197, 104742. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104742>
- Correll, J., Mellinger, C., McClelland, G. H., & Judd, C. M. (2020). Avoid Cohen's 'Small', 'Medium', and 'Large' for Power Analysis. *Trends in Cognitive Sciences*, 24(3), 200-207. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.12.009>
- DemiR, S. (2022). Comparison of Normality Tests in Terms of Sample Sizes under Different Skewness and Kurtosis Coefficients. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 9(2), 397-409. <https://doi.org/10.21449/ijate.1101295>
- Demissie, E. B., Labiso, T. O., & Thuo, M. W. (2022). Teachers' digital competencies and technology integration in education: Insights from secondary schools in Wolaita Zone, Ethiopia. *Social Sciences & Humanities Open*, 6(1), 100355. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2022.100355>
- Dewey, J., Hicks, J., & Schuchardt, A. (2022). Improving Students' Understanding of Biological Variation in Experimental Design and Analysis through a Short Model-Based Curricular Intervention. *CBE – Life Sciences Education*, 21(1), ar11. <https://doi.org/10.1187/cbe.21-03-0062>

- Dolezal, D., Motschnig, R., & Ambros, R. (2025). Pre-Service Teachers' Digital Competence: A Call for Action. *Education Sciences*, 15(2), 160. <https://doi.org/10.3390/educsci15020160>
- Ekmekci, A., & Serrano, D. M. (2022). The Impact of Teacher Quality on Student Motivation, Achievement, and Persistence in Science and Mathematics. *Education Sciences*, 12(10), 649. <https://doi.org/10.3390/educsci12100649>
- Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Gültepe, N., Gazi Üniversitesi, & Kılıç, Z. (2021). The Effects of Scientific Argumentation on High School Students' Critical Thinking Skills. *International Journal of Progressive Education*, 17(6), 183-200. <https://doi.org/10.29329/ijpe.2021.382.13>
- Fakhriyah, F., Rusilowati, A., Nugroho, S. E., Saptono, S., Ridlo, S., Mindyarto, B., & Susilaningih, E. (2022). The scientific argumentative skill analysis reviewed from the science literacy aspect of pre-service teacher. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 11(4), 2129. <https://doi.org/10.11591/ijere.v11i4.22847>
- Fayda Kınık, F. Ş. (2025). Cultivating Digital Pedagogies in the 21st Century: A Quantitative Examination of Pre-Service Teachers' Capabilities and Readiness. *Journal of Learning and Teaching in Digital Age*, 10(2), 260-272. <https://doi.org/10.53850/joltida.1662454>
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S., & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 1(1), 010103. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103>
- Garcia Romano, L., Occelli, M., & Adúriz-Bravo, A. (2021). School Scientific Argumentation Enriched by Digital Technologies: Results With Pre- and in-Service Science Teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(7), em1982. <https://doi.org/10.29333/ejmste/10990>
- Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians. *International Journal of Endocrinology and Metabolism*, 10(2), 486-489. <https://doi.org/10.5812/ijem.3505>
- Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J.-P., Schubatzky, T., & Weiler, D. (2022). Fostering Pre-Service Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge Regarding Digital Media. *Education Sciences*, 12(7), 440. <https://doi.org/10.3390/educsci12070440>
- Habibzadeh, F. (2024). Data Distribution: Normal or Abnormal? *Journal of Korean Medical Science*, 39(3), e35. <https://doi.org/10.3346/jkms.2024.39.e35>

- Halldorsson, B., Waite, P., Harvey, K., Pearcey, S., & Creswell, C. (2023). In the moment social experiences and perceptions of children with social anxiety disorder: A qualitative study. *British Journal of Clinical Psychology*, 62(1), 53–69. <https://doi.org/10.1111/bjc.12393>
- Hassen, M. (2025). The Impact of AI on Students' Reading, Critical Thinking, and Problem-Solving Skills. *American Journal of Education and Information Technology*, 9(2), 82–90. <https://doi.org/10.11648/j.ajeit.20250902.12>
- Kim, S. (2022). Fifty years of parental involvement and achievement research: A second-order meta-analysis. *Educational Research Review*, 37, 100463. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100463>
- Kurtulus, arsal. (n.d.). *Effects of critical multicultural education on preservice teachers' multicultural attitudes and efficacy*. <https://doi.org/10.17240/aibuefd.2023.23.1-360>
- Lachner, A., Fabian, A., Franke, U., Preiß, J., Jacob, L., Führer, C., Küchler, U., Paravicini, W., Randler, C., & Thomas, P. (2021). Fostering pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK): A quasi-experimental field study. *Computers & Education*, 174, 104304. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104304>
- Lekhu, M. A. (2023). Pre-Service Science Teachers' Preparedness for Classroom Teaching: Exploring Aspects of Self-Efficacy and Pedagogical Content Knowledge for Sustainable Learning Environments. *Journal of Curriculum Studies Research*, 5(1), 113–129. <https://doi.org/10.46303/jcsr.2023.9>
- Leming, T., & Johanson, L. B. (2023). "And then I check to see if it looks legit" – digital critical competence in teacher education. *Frontiers in Education*, 8, 1137563. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1137563>
- Markos, A., Prentzas, J., & Sidiropoulou, M. (2024). Pre-Service Teachers' Assessment of ChatGPT's Utility in Higher Education: SWOT and Content Analysis. *Electronics*, 13(10), 1985. <https://doi.org/10.3390/electronics13101985>
- Marthaliakirana, A. D., Suwono, H., Saefi, M., & Gofur, A. (2022a). Problem-based learning with metacognitive prompts for enhancing argumentation and critical thinking of secondary school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(9), em2148. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12304>
- Marthaliakirana, A. D., Suwono, H., Saefi, M., & Gofur, A. (2022b). Problem-based learning with metacognitive prompts for enhancing argumentation and critical thinking of secondary school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(9), em2148. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12304>
- Mercader, C., & Gairín, J. (2020). University teachers' perception of barriers to the use of digital technologies: The importance of the academic discipline. *International*

- Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 4.
<https://doi.org/10.1186/s41239-020-0182-x>
- Munfaridah, N., Avraamidou, L., & Goedhart, M. (2022). Preservice Physics Teachers' Development of Physics Identities: The Role of Multiple Representations. *Research in Science Education*, 52(6), 1699–1715.
<https://doi.org/10.1007/s11165-021-10019-5>
- Nanyang Technological University, Singapore, Voon, X. P., Wong, S. L., Wong, L.-H., Khambari, M. N. Md., & Syed-Abdullah, S. I. S. (2022). Developing Computational Thinking Competencies through Constructivist Argumentation Learning: A Problem-Solving Perspective. *International Journal of Information and Education Technology*, 529–539. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.6.1650>
- Noster, N., Gerber, S., & Siller, H.-S. (2024). Pre-Service Teachers' Approaches in Solving Mathematics Tasks with ChatGPT. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 10(3), 543–567. <https://doi.org/10.1007/s40751-024-00155-8>
- Nurlailli Hidayati, Hakiman, & Noor Alwiyah. (2022). Technological Pedagogy And Content Knowledge: Digitizing 21st Century Learning. *At-Tarbawi: Jurnal Kajian Kependidikan Islam*, 7(2), 61–70. <https://doi.org/10.22515/attarbawi.v7i2.6158>
- Ojeda, C. A. C. (2024). Levene's Test for Verifying Homoscedasticity Between Groups in Quasi-Experiments in Social Sciences. *South Eastern European Journal of Public Health*, 2119–2125. <https://doi.org/10.70135/seejph.vi.2342>
- Paliaga, P., Budiša, A., Dautović, J., Djakovac, T., Dutour-Sikirić, M. A., Mihanović, H., Supić, N., Celić, I., Iveša, N., Buršić, M., Balković, I., Jurković, L., & Ciglenečki, I. (2021). Microbial response to the presence of invasive ctenophore *Mnemiopsis leidyi* in the coastal waters of the Northeastern Adriatic. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 259, 107459. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107459>
- Rachmatullah, sumantri. (n.d.).). *Information and communication technology in the learning process: Opportunities and challenges*.
<https://doi.org/10.21009/jtp.v23i2.23005>
- Rahimi, A. R., & Mosalli, Z. (2024). The role of 21-century digital competence in shaping pre-service language teachers' 21-century digital skills: The Partial Least Square Modeling Approach (PLS-SEM). *Journal of Computers in Education*.
<https://doi.org/10.1007/s40692-023-00307-6>
- Ridho, M. R., & Tumin, T. (2022). MULTICULTURAL EDUCATION: Effort in Overcoming Problems of Cultural Conflict in Indonesia. *QALAMUNA: Jurnal Pendidikan, Sosial, Dan Agama*, 14(1), 49–60.
<https://doi.org/10.37680/qalamuna.v14i1.1187>
- Robertson, M. C., Cox-Martin, E., Shegog, R., Markham, C. M., Fujimoto, K., Durand, C. P., Brewster, A., Lyons, E. J., Liao, Y., Flores, S. A., & Basen-Engquist, K. M.

- (2022). The Acceptability of an Electronically Delivered Acceptance- and Mindfulness-Based Physical Activity Intervention for Survivors of Breast Cancer: One-Group *Pretest-Posttest* Design. *JMIR Cancer*, 8(2), e31815. <https://doi.org/10.2196/31815>
- Sahin, D., & Yilmaz, R. M. (2020). The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers & Education*, 144, 103710. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103710>
- Shakhmanova, B., Asipova, N., Raimkulova, A., & Tkacheva, S. (2025). Integrating multicultural and learner-centred approaches into continuous technological education: Insights from higher education in Central Asia. *Social Sciences & Humanities Open*, 12, 101975. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101975>
- Silitonga, L. M., Sri Suciati, Wiyaka, Entika Fani Prastikawati, & Nur Cholifah. (2025). Bridging the Gap: Pre-Service Teachers' Realities of Technology Integration in the Digital Classroom. *ETERNAL (English Teaching Journal)*, 16(2), 510–519. <https://doi.org/10.26877/8e0app73>
- Skulmowski, A., & Xu, K. M. (2022). Understanding Cognitive Load in Digital and Online Learning: A New Perspective on Extraneous Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 34(1), 171–196. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>
- sugiyono. (n.d.). *Statistika untuk penelitian* (2017/2020 ed.).
- Sumarni, S., Ifan Iskandar, & Imam Santosa. (2023). Assessing Digital Competence Among Pre-Service English Language Teachers: Strengths and Weaknesses. *Journal of English Education and Teaching*, 7(3), 613–631. <https://doi.org/10.33369/jeet.7.3.613-631>
- Süleyman Demirel University, & Aslan, S. (2021). The Effect of the Flipped Classroom Model on Pre-Service Teachers' Digital Literacy and Digital Pedagogical Competencies. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 16(4), 73–89. <https://doi.org/10.29329/epasr.2021.383.4>
- Tomczyk, Ł. (2024). Digital competence among pre-service teachers: A global perspective on curriculum change as viewed by experts from 33 countries. *Evaluation and Program Planning*, 105, 102449. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2024.102449>
- Trgalová, J., & Tabach, M. (2024). Pre-service teachers' development of digital resource design capacity. *ZDM – Mathematics Education*, 56(4), 651–665. <https://doi.org/10.1007/s11858-024-01554-2>
- Triananda, L., Kuswanto, H., & Jumadi, J. (2025). Argumentation Skills in Physics Implementation: A Systematic Literature Review. *JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika)*, 10(1), 125. <https://doi.org/10.26737/jipf.v10i1.6024>

- Ulbricht, J., Schachner, M. K., Civitillo, S., & Noack, P. (2022). Teachers' acculturation in culturally diverse schools – How is the perceived diversity climate linked to intercultural self-efficacy? *Frontiers in Psychology*, 13, 953068. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.953068>
- Waliszewska-Prosół, M., Nowakowska-Kotas, M., Misiak, B., Chojdak-Łukasiewicz, J., Budrewicz, S., & Pokryszko-Dragan, A. (2022). Allostatic load index in patients with multiple sclerosis: A case-control study. *Psychoneuroendocrinology*, 142, 105788. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2022.105788>
- Watson, D., Webb, R., Cook, S., & Grant, K. (2025). Does the internet lead to surface searching and a deficiency of discovery in student learning? *Education and Information Technologies*, 30(14), 19853–19878. <https://doi.org/10.1007/s10639-025-13498-5>
- Yasin, M. (2022). Pelaksanaan Manajemen Kurikulum Pesantren Dalam Membentuk Karakter Mandiri Santri. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 1(1), 72–79.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>
- Zhang, J., Yen, S.-H., Liu, T.-C., Sung, Y.-T., & Chang, K.-E. (2022). Studies on Learning Effects of AR-Assisted and PPT-Based Lectures. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 31(1), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s40299-020-00533-x>
- Zhou, Y., Zhu, Y., & Wong, W. K. (2023). Statistical tests for homogeneity of variance for clinical trials and recommendations. *Contemporary Clinical Trials Communications*, 33, 101119. <https://doi.org/10.1016/j.conctc.2023.101119>