

## Efektivitas Pendekatan TPACK dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Guru di Daerah 3T: Studi Kuasi-Eksperimen di Sumba Barat Daya

Wiwin Zuhdi <sup>1</sup>, Nuril Nuzulia <sup>1\*</sup>, Sarkowi <sup>1</sup>, Basori <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sekolah Tinggi Ilmu Tarbiyah Rakeyan Santang, Indonesia

<sup>2</sup> Purdue University, United States

 nuril.nuzulia@uin-malang.ac.id\*

### ABSTRACT

Teachers' critical thinking is a core 21st-century competency, yet its development in Indonesia's frontier, outermost, and underdeveloped (3T) areas remains constrained by a persistent digital divide and limited professional training. This study examined the effectiveness of the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) approach in enhancing six dimensions of teachers' critical thinking according to Facione's framework, namely interpretation, analysis, evaluation, inference, explanation, and self-regulation. A non-equivalent posttest-only quasi-experimental design was employed with two intact groups selected through cluster sampling: twenty teachers from MI Al Falah Sumba Barat Daya (experimental group) and twenty teachers from SDN Watu Takula (control group). Baseline equivalence was established through an equivalence test of demographic and professional characteristics. Data were collected using a ten-item essay test (Cronbach's  $\alpha = 0.87$ ; CVI = 0.92) and a 24-item response questionnaire (Cronbach's  $\alpha = 0.84$ ), both validated by three educational experts. Analyses included descriptive statistics, Kolmogorov-Smirnov normality test, Levene's homogeneity test, and independent-samples t-test with Cohen's  $d$  effect size. Results revealed a highly significant difference between the experimental group ( $M = 79.73$ ,  $SD = 8.87$ ) and the control group ( $M = 67.81$ ,  $SD = 12.13$ ),  $t(38) = 3.62$ ,  $p < 0.001$ , with a large effect size (Cohen's  $d = 1.13$ ). The sharpest gains were observed in analysis ( $\Delta = 32.68$ ) and explanation ( $\Delta = 19.48$ ), while self-regulation showed the smallest gain ( $\Delta = 4.50$ ), attributable to the region's limited reflective culture and digital infrastructure. This study contributes theoretically by extending the TPACK framework into low-resource contexts and practically by offering a replicable, low-cost TPACK training model for 3T regions in Indonesia and similar low- and middle-income settings.

**Keywords:** Critical Thinking; Elementary School Teachers; Quasi-Experiment; Tpack; Underdeveloped Regions

### ARTICLE INFO

Article history:

Received

February 11, 2026

Revised

June 03, 2026

Accepted

June 25, 2026

Journal Homepage

<https://attractivejournal.com/index.php/aj/>

This is an open access article under the CC BY SA license

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

@ 2026 by the authors

Published by

CV. Creative Tugu Pena

### PENDAHULUAN

Transformasi digital pendidikan pada abad ke-21 menuntut guru tidak hanya menguasai materi, tetapi juga mampu mengintegrasikan teknologi ke dalam strategi pedagogis untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Mishra & Koehler, 2023; Chansanam et al., 2025). Dalam konteks ini, kemampuan berpikir kritis guru menjadi prasyarat karena guru yang berpikir kritis lebih mampu mendesain pembelajaran yang menstimulasi pemikiran tingkat tinggi peserta didik (Yuan & Liao, 2023; Batdi, 2024). Namun, kesenjangan kapasitas guru antarwilayah di Indonesia masih menganga, terutama antara daerah perkotaan dan daerah Terdepan, Terluar, dan Tertinggal atau daerah 3T yang ditandai oleh keterbatasan

akses internet, minimnya perangkat digital, dan sedikitnya peluang pengembangan profesi berkelanjutan (Lohr et al., 2024; Akbar & Kusnandar, 2024; Scherer et al., 2023).

Kerangka Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) yang dikembangkan oleh Mishra dan Koehler (2006) serta diperbarui oleh Petko, Mishra, dan Koehler (2025) menjadi rujukan dominan untuk menjelaskan bagaimana guru mengintegrasikan tiga ranah pengetahuan, yaitu teknologi, pedagogi, dan konten. Bukti empiris yang terkumpul dalam dua dekade terakhir menunjukkan bahwa guru dengan profil TPACK yang matang cenderung merancang pembelajaran yang lebih reflektif, berpusat pada peserta didik, dan mendorong pertanyaan analitis (Bwalya et al., 2023; Chiu et al., 2024; Fang et al., 2024). Meta-analisis Batdi (2024) terhadap 78 studi pelatihan berpikir kritis menemukan effect size rata-rata Hedges'  $g = 0,72$ , menegaskan bahwa intervensi terstruktur berbasis integrasi teknologi-pedagogi memberi dampak yang konsisten pada pengembangan berpikir kritis. Kendati demikian, sebagian besar bukti ini dihasilkan dari konteks negara maju dan sekolah perkotaan di negara berkembang, sehingga generalisasinya ke konteks sumber daya rendah masih dipertanyakan. Sintesis literatur awal terhadap TPACK telah dirangkum oleh Voogt, Fisser, Pareja Roblin, Tondeur, dan van Braak (2013), sementara Valtonen et al. (2017) memutakhirkan instrumen pengukuran TPACK untuk mencakup keterampilan abad ke-21 pada calon guru.

Pemetaan sistematis oleh Shambare dan Jita (2024) terhadap studi TPACK di sekolah rural menunjukkan bahwa hambatan utama bukan sekadar ketersediaan perangkat, melainkan juga rendahnya regulasi diri guru dalam mengadopsi teknologi baru, keterbatasan dukungan kolegal, dan kesenjangan literasi digital. Tinjauan lintas negara Soekamto et al. (2022) terhadap guru rural di Indonesia, Rusia, dan Timur Tengah mengkonfirmasi bahwa guru Indonesia di daerah tertinggal melaporkan infrastruktur yang paling lemah dan pelatihan digital yang paling minim. Temuan senada dilaporkan oleh Castro et al. (2025) dan Petko, Koehler, dan Mishra (2024) yang menegaskan bahwa strategi TPACK di wilayah rural memerlukan adaptasi khusus, termasuk pemanfaatan alat sederhana, pembelajaran berbasis kolaborasi, dan model offline-first agar tetap efektif dalam keterbatasan konektivitas.

Di Indonesia, penelitian TPACK berkembang pesat dalam konteks pendidikan guru, namun fokusnya masih didominasi oleh calon guru atau guru di perkotaan (Schmid et al., 2021; Kumala, Ghufron, & Pujiastuti, 2022; Tondeur, Scherer, Siddiq, & Baran, 2017; Willermark, 2018). Publikasi yang secara eksplisit menguji efektivitas TPACK terhadap kemampuan berpikir kritis guru di daerah 3T masih sangat terbatas, padahal guru di wilayah ini justru paling membutuhkan kerangka yang dapat membantu mengubah keterbatasan menjadi peluang pedagogis (Shambare & Jita, 2024; Castro et al., 2025; Brianza et al., 2022). Kekosongan empiris ini menciptakan tiga persoalan saling berkaitan. Pertama, asumsi universalitas TPACK perlu diuji di konteks dengan kultur, infrastruktur, dan sistem pendukung yang berbeda. Kedua, peneliti belum memiliki bukti memadai tentang indikator berpikir kritis mana yang paling responsif dan mana yang paling resisten terhadap pendekatan TPACK di konteks 3T. Ketiga, pembuat kebijakan belum memiliki model pelatihan yang teruji untuk daerah dengan karakteristik serupa, sehingga program pengembangan profesi sering berjalan tanpa basis bukti.

Argumen mengapa TPACK krusial bagi guru 3T bukan sekadar karena daerah ini tertinggal secara digital, melainkan karena kerangka TPACK menawarkan cara berpikir yang menempatkan teknologi sebagai pilihan pedagogis, bukan tujuan itu sendiri. Di daerah dengan infrastruktur terbatas, guru yang menguasai TPACK dapat memilih teknologi sederhana namun tepat sasaran, seperti video pendek berbasis telepon pintar, papan tulis digital portabel, atau lembar kerja terstruktur, sebagai sarana menstimulasi pertanyaan analitis. Hal ini berbeda dengan konteks perkotaan yang cenderung membanjiri kelas dengan teknologi canggih tanpa pertimbangan pedagogis (Shambare & Jita, 2024). Dengan demikian, konteks 3T sebetulnya merupakan laboratorium alami untuk menguji esensi TPACK, yaitu keseimbangan antara tiga ranah pengetahuan yang tidak bergantung pada kecanggihan alat.

Penelitian ini menguji efektivitas pendekatan TPACK dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis guru di Kabupaten Sumba Barat Daya sebagai salah satu kabupaten

3T prioritas di Indonesia Timur. Berpikir kritis dalam penelitian ini diukur menggunakan kerangka enam indikator Facione (1990, 2015), meliputi interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri, yang telah menjadi standar pengukuran dalam studi berpikir kritis lintas disiplin (Facione et al., 2017; Cui & Teo, 2023; Batdi, 2024). Pertanyaan penelitian yang diajukan adalah: (1) Apakah terdapat perbedaan signifikan kemampuan berpikir kritis antara guru yang mengikuti intervensi TPACK dengan guru yang mengikuti pembelajaran konvensional? (2) Indikator berpikir kritis mana yang paling responsif dan mana yang paling resisten terhadap pendekatan TPACK di konteks 3T? (3) Bagaimana karakteristik konteks 3T memoderasi efektivitas intervensi?

Kontribusi penelitian ini bersifat tiga lapis. Secara teoretis, penelitian ini memperluas aplikabilitas kerangka TPACK ke konteks sumber daya rendah dan mengidentifikasi batas-batas keberlakuannya, sejalan dengan ajakan Petko et al. (2025) untuk menguji TPACK lintas konteks. Secara metodologis, penelitian ini mendemonstrasikan bagaimana desain kuasi-eksperimen non-equivalent posttest-only dapat dipertanggungjawabkan di konteks lapangan yang tidak memungkinkan pretest, dengan penguatan melalui uji kesetaraan karakteristik baseline dan triangulasi instrumen. Secara praktis dan kebijakan, penelitian ini menghasilkan model pelatihan TPACK berbiaya rendah yang dapat direplikasi oleh dinas pendidikan dan lembaga pengembangan profesi guru di 62 kabupaten 3T di Indonesia serta wilayah rural di negara berpendapatan menengah ke bawah lainnya.

## **METODE**

### **Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimen non-equivalent posttest-only. Desain ini dipilih karena tiga alasan yang dapat dipertanggungjawabkan. Pertama, pengacakan individual guru ke dalam kelompok perlakuan tidak dimungkinkan karena guru telah terikat pada institusi dan jadwal pembelajaran masing-masing. Kedua, pemberian pretest berpotensi menimbulkan pretest sensitization yang mendorong guru mempelajari materi tes secara mandiri sehingga mengkontaminasi efek perlakuan, fenomena yang didokumentasikan dalam sintesis desain penelitian pendidikan oleh Lin dan Hwang (2019). Ketiga, pretest kemampuan berpikir kritis berbentuk uraian yang panjang berisiko menimbulkan kelelahan dan reaktivitas pada sampel guru yang memiliki beban kerja administratif tinggi di wilayah 3T. Desain non-equivalent posttest-only dengan kelompok kontrol tetap memiliki kekuatan kausal yang layak selama baseline equivalence dapat ditegakkan (Shadish, Cook, & Campbell, 2002; Miller et al., 2020). Untuk mengkompensasi ketiadaan pretest, dilakukan uji kesetaraan berbasis data demografis dan kompetensi awal guru sebagaimana dibahas pada subbab berikutnya.

Penelitian melibatkan dua kelompok utuh, yaitu kelompok eksperimen berupa 20 guru di MI Al Falah Sumba Barat Daya yang menerima intervensi pembelajaran berbasis TPACK selama delapan pekan, dan kelompok kontrol berupa 20 guru di SDN Watu Takula yang melaksanakan pembelajaran konvensional berbasis papan tulis dengan durasi yang sama. Kedua sekolah berlokasi di Kabupaten Sumba Barat Daya dengan karakteristik geografis, akses infrastruktur, dan profil sosio-ekonomi yang setara sebagai bagian dari wilayah 3T. Setelah perlakuan berakhir, kedua kelompok diberikan posttest kemampuan berpikir kritis dan angket respons terhadap proses pembelajaran.

### **Uji Kesetaraan Awal Kelompok**

Karena desain yang digunakan tidak menyertakan pretest kemampuan berpikir kritis, kesetaraan awal antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol ditegakkan melalui uji kesetaraan berbasis empat variabel demografis dan profesional yang berdasarkan literatur diketahui mempengaruhi kemampuan berpikir kritis guru, yaitu masa kerja, latar belakang pendidikan, riwayat pelatihan digital dalam tiga tahun terakhir, dan hasil Uji Kompetensi Guru (UKG) terakhir (Handayani et al., 2023; Schmid et al., 2021). Data diperoleh dari dokumentasi dinas pendidikan setempat dan profil sekolah. Hasil uji chi-square dan uji Mann-Whitney menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan antar kedua kelompok pada seluruh variabel

yang diuji (semua  $p > 0,05$ ), sehingga kedua kelompok dapat dianggap setara secara karakteristik baseline. Ringkasan uji kesetaraan disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Hasil Uji Kesetaraan Karakteristik Baseline Kedua Kelompok**

Variabel	Eksperimen (n=20)	Kontrol (n=20)	Uji Statistik	Sig. (p)
Masa kerja (tahun), Median	9,5	10,0	Mann-Whitney U = 188,5	0,712
Pendidikan S1 (%)	85,0	80,0	$\chi^2 = 0,173$	0,677
Pelatihan digital 3 tahun terakhir (%)	40,0	35,0	$\chi^2 = 0,107$	0,744
Skor UKG terakhir, Mean $\pm$ SD	58,4 $\pm$ 6,2	57,9 $\pm$ 7,1	t(38) = 0,237	0,814

*Keterangan: Uji kesetaraan menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan pada semua variabel ( $p > 0,05$ ), sehingga kedua kelompok dapat diperlakukan sebagai setara pada baseline.*

### Populasi dan Teknik Sampling

Populasi penelitian adalah seluruh guru sekolah dasar negeri dan madrasah ibtidaiyah di Kabupaten Sumba Barat Daya. Sampel dipilih menggunakan teknik cluster sampling dengan pertimbangan kesetaraan karakteristik antar-sekolah dalam wilayah 3T. Dua sekolah yang terpilih memiliki ukuran guru dan komposisi mata pelajaran yang sebanding, yaitu masing-masing 20 guru. Jumlah sampel total 40 guru ( $n = 20$  per kelompok) memang terbatas dibandingkan studi kuantitatif pendidikan di wilayah perkotaan yang umumnya melibatkan 60–200 partisipan. Namun, jumlah ini dipandang representatif untuk konteks 3T yang umumnya memiliki sekolah berukuran kecil. Analisis power post-hoc menggunakan G\*Power 3.1 dengan  $\alpha = 0,05$ , effect size yang diobservasi Cohen's  $d = 1,13$ , dan uji t dua kelompok independen menghasilkan power statistik  $1 - \beta = 0,96$ , yang melampaui ambang konvensional 0,80 (Faul et al., 2007). Dengan demikian, walaupun ukuran sampel kecil, effect size yang besar memastikan power cukup untuk mendeteksi perbedaan sesungguhnya antarkelompok. Keterbatasan ini tetap diakui dalam subbab limitasi.

### Intervensi Pembelajaran Berbasis TPACK

Intervensi diberikan selama delapan pekan dengan frekuensi dua sesi per pekan (total 16 sesi @90 menit). Rancangan intervensi mengadopsi model pengembangan profesi TPACK-by-design dari Joshi (2023) dan Wang dan Zhang (2024), yang menekankan siklus perencanaan, pelaksanaan, refleksi, dan perbaikan kolaboratif. Tahapan intervensi meliputi pengorganisasian guru ke dalam kelompok heterogen beranggota 4–5 orang, eksplorasi pengetahuan awal melalui pertanyaan pemantik, penciptaan konflik kognitif, pembentukan konsep secara kolaboratif, pengujian alternatif solusi pembelajaran, serta refleksi dan perencanaan lanjutan. Teknologi yang digunakan disesuaikan dengan konteks 3T, yakni telepon pintar guru, aplikasi offline pembuat kuis, video pendek hasil produksi mandiri, serta papan tulis digital portabel. Keterlaksanaan intervensi dipantau oleh tiga observer independen menggunakan lembar observasi dengan indeks kesepakatan antar-observer Cohen's  $\kappa = 0,81$ .

### Instrumen Penelitian dan Validitas

Kemampuan berpikir kritis guru diukur menggunakan tes uraian 10 butir soal yang dikembangkan berdasarkan kerangka enam indikator Facione (1990, 2015), yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri. Setiap butir dirancang sebagai situasi dilema pembelajaran kontekstual di daerah 3T yang menuntut guru menganalisis, menilai, dan mengusulkan solusi beralasan. Rubrik penilaian berskala empat digunakan untuk setiap indikator. Untuk mengukur respons guru terhadap proses pembelajaran, digunakan angket 24 butir dengan skala Likert lima poin, mencakup empat dimensi: keterlibatan kognitif, keterlibatan afektif, persepsi manfaat teknologi, dan efikasi diri digital.

Validitas isi kedua instrumen divalidasi oleh tiga pakar, yaitu seorang pakar TPACK, seorang pakar asesmen berpikir kritis, dan seorang pakar pendidikan dasar. Content Validity Index (CVI) dihitung menggunakan prosedur Polit dan Beck (2019). Hasil perhitungan menghasilkan nilai CVI tes berpikir kritis sebesar 0,92 dan CVI angket respons sebesar 0,89, keduanya melampaui ambang 0,80 yang direkomendasikan sebagai bukti validitas isi yang memadai. Validitas konstruk diperiksa menggunakan exploratory factor analysis pada data uji coba terhadap 30 guru di luar sampel penelitian, yang menghasilkan nilai Kaiser-Meyer-Olkin 0,81 dan Bartlett's Test signifikan ( $p < 0,001$ ). Reliabilitas instrumen diukur dengan Cronbach's alpha: tes berpikir kritis memperoleh  $\alpha = 0,87$  dan angket respons memperoleh  $\alpha = 0,84$ . Kedua nilai ini memenuhi kriteria reliabilitas tinggi menurut Nunnally dan Bernstein (1994) ( $\alpha > 0,70$ ). Ringkasan hasil validasi instrumen disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Ringkasan Validitas dan Reliabilitas Instrumen**

Instrumen	Jumlah Butir	CVI	KMO	Cronbach's $\alpha$	Kategori
Tes Berpikir Kritis (Uraian)	10	0,92	0,81	0,87	Tinggi
Angket Respons Pembelajaran	24	0,89	0,79	0,84	Tinggi
Lembar Observasi Keterlaksanaan	18	0,90	-	Cohen's $\kappa = 0,81$	Tinggi

Keterangan: CVI = Content Validity Index; KMO = Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy; Cohen's  $\kappa$  = kesepakatan antar-observer.

#### Prosedur Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui empat teknik saling melengkapi, yaitu tes, angket, observasi, dan dokumentasi. Tes berpikir kritis diberikan pada pekan kesembilan (sepekan setelah intervensi berakhir) di kedua kelompok dengan durasi 90 menit. Angket respons diberikan pada hari yang sama segera setelah tes. Observasi keterlaksanaan pembelajaran berbasis TPACK dilakukan pada setiap sesi intervensi di kelompok eksperimen oleh tiga observer terlatih. Dokumentasi digunakan untuk menggali data baseline demografis dan profesional guru. Triangulasi data dilakukan dengan membandingkan hasil tes, angket, dan observasi untuk memperkuat kredibilitas temuan.

#### Analisis Data

Analisis data menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics 26. Statistik deskriptif meliputi mean, standar deviasi, median, varians, nilai minimum dan maksimum dilaporkan untuk kedua kelompok dan keenam indikator berpikir kritis. Uji prasyarat meliputi uji normalitas Kolmogorov-Smirnov dan uji homogenitas Levene dengan taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ . Uji hipotesis menggunakan uji t sampel independen, dilengkapi dengan perhitungan effect size Cohen's  $d$  untuk menginformasikan besaran pengaruh. Interpretasi effect size mengikuti pedoman Cohen:  $d = 0,2$  (kecil),  $d = 0,5$  (menengah), dan  $d = 0,8$  (besar). Analisis lanjutan per indikator dilakukan melalui perhitungan selisih rata-rata untuk mengidentifikasi indikator yang paling responsif dan paling resisten terhadap intervensi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Profil Kemampuan Berpikir Kritis Kedua Kelompok

Statistik deskriptif menunjukkan perbedaan yang jelas antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Rata-rata skor kelompok eksperimen mencapai 79,73 (SD = 8,87) dengan varians 77,73, sedangkan kelompok kontrol mencapai 67,81 (SD = 12,13) dengan varians 148,16. Nilai median kelompok eksperimen sebesar 78,25 juga lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol sebesar 64,60. Varians yang lebih kecil pada kelompok eksperimen menunjukkan data yang lebih homogen, yang mengindikasikan intervensi TPACK mampu mempersempit kesenjangan kemampuan antar-guru di dalam kelompok. Rangkuman statistik deskriptif

disajikan pada Tabel 3, sementara sebaran skor kedua kelompok divisualisasikan melalui box plot pada Gambar 1.

**Tabel 3. Statistik Deskriptif Skor Berpikir Kritis Kedua Kelompok**

Statistik	Kelompok Kontrol	Kelompok Eksperimen
N	20	20
Mean	67,81	79,73
Median	64,60	78,25
Standar Deviasi	12,13	8,87
Varians	148,16	77,73
Minimum	45,00	65,00
Maximum	85,00	95,00

**Gambar 1. Box Plot Sebaran Skor Berpikir Kritis Kedua Kelompok**

Box plot pada Gambar 1 memperlihatkan bahwa sebaran skor kelompok eksperimen tidak hanya bergeser ke atas, melainkan juga lebih sempit dibandingkan kelompok kontrol. Batas bawah kelompok eksperimen bahkan hampir menyentuh median kelompok kontrol, yang berarti guru dengan performa terendah di kelompok eksperimen masih berada di paruh atas kelompok kontrol. Temuan ini konsisten dengan hasil Study 2 dalam riset Masoumi dan Noroozi (2023) serta meta-analisis Schmid, Brianza, Mok, dan Petko (2024) yang melaporkan bahwa program pengembangan profesi berbasis TPACK cenderung mengangkat skor kelompok paling bawah lebih tajam dibandingkan kelompok tengah atau atas, efek yang dikenal sebagai leveling-up effect.

#### Perbandingan Indikator Berpikir Kritis

Hasil per indikator berpikir kritis disajikan pada Tabel 4 dan divisualisasikan pada Gambar 2. Perbedaan paling tajam muncul pada indikator analisis dengan selisih 32,68 poin (81,02 versus 48,33), diikuti eksplanasi 19,48 poin, inferensi 12,46 poin, interpretasi 31,88 poin, evaluasi 9,58 poin, dan yang paling kecil adalah regulasi diri 4,50 poin. Pola ini menarik karena menunjukkan bahwa pendekatan TPACK di konteks 3T tidak memberikan efek seragam pada semua indikator, melainkan memperkuat indikator yang berbasis pada interaksi dengan materi dan kurang efektif pada indikator yang membutuhkan orientasi reflektif-metakognitif.

**Tabel 4. Perbandingan Rata-rata Skor per Indikator Berpikir Kritis**

Indikator	Kontrol	Eksperimen	Selisih	Kategori
Interpretasi	49,14	81,02	31,88	Tinggi
Analisis	48,33	81,02	32,68	Sangat Tinggi
Evaluasi	67,79	77,37	9,58	Menengah
Inferensi	63,33	75,79	12,46	Menengah
Eksplanasi	61,67	81,15	19,48	Tinggi
Regulasi Diri	54,44	58,95	4,50	Rendah

**Gambar 2. Perbandingan Skor per Indikator Berpikir Kritis Kedua Kelompok**

#### Uji Asumsi dan Uji Hipotesis

Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov menunjukkan skor kedua kelompok berdistribusi normal, dengan nilai signifikansi kelompok kontrol sebesar 0,200 dan kelompok eksperimen sebesar 0,175 (keduanya  $> 0,05$ ). Uji homogenitas Levene menghasilkan  $F(1,38) = 0,412$  dengan  $p = 0,525$ , yang berarti varians kedua kelompok homogen. Dengan terpenuhinya asumsi normalitas dan homogenitas, uji parametrik t sampel independen dapat dilakukan. Hasil uji t menunjukkan nilai  $t(38) = 3,62$  dengan  $p < 0,001$ , yang berarti terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Effect size Cohen's d sebesar 1,13 tergolong besar, yang mengindikasikan pengaruh praktis yang substansial, bukan sekadar signifikansi statistik. Ringkasan hasil uji asumsi dan hipotesis disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Ringkasan Hasil Uji Asumsi dan Uji Hipotesis**

Uji	Statistik	Nilai	p-value	Keputusan
Normalitas K-S Kontrol	D	0,125	0,200	Normal
Normalitas K-S	D	0,140	0,175	Normal

Eksperimen				
Homogenitas Levene	F(1,38)	0,412	0,525	Homogen
Uji t Independen	t(38)	3,62	<0,001	H <sub>0</sub> ditolak
Effect Size Cohen's d	d	1,13	-	Besar

## **Pembahasan**

### ***Mengapa Analisis dan Eksplanasi Paling Meningkat?***

Lonjakan tajam pada indikator analisis dan eksplanasi tidak mengejutkan jika ditinjau dari struktur internal kerangka TPACK. Tahap penciptaan konflik kognitif dalam intervensi memaksa guru menguraikan situasi pembelajaran menjadi komponen, mengidentifikasi asumsi tersembunyi, dan merekonstruksi argumen. Aktivitas ini sejajar dengan definisi analisis oleh Facione (2015) sebagai kemampuan mengidentifikasi hubungan inferensial antara pernyataan, pertanyaan, konsep, atau deskripsi. Temuan ini konsisten dengan penelitian Cui dan Teo (2023) serta Sarwari dan Kakar (2023) yang menunjukkan bahwa strategi dialogis yang melibatkan pertanyaan pemantik secara konsisten meningkatkan kemampuan analisis siswa dan guru.

Untuk eksplanasi, lonjakan skor dapat dijelaskan oleh struktur kolaboratif intervensi. Diskusi kelompok kecil memaksa guru mengartikulasikan penalaran secara verbal dan tertulis, yang sekaligus melatih kemampuan menjelaskan secara logis dan sistematis. Temuan ini sejalan dengan hasil Tondeur et al. (2017) dan Scherer et al. (2018) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis kolaborasi dan dukungan kelembagaan meningkatkan TPACK serta keterampilan eksplanasi guru secara signifikan. Lebih jauh, integrasi teknologi sederhana seperti video pendek membantu guru menata argumen secara visual, menurunkan beban kognitif, dan membebaskan sumber daya kognitif untuk penyusunan penjelasan yang lebih kaya (Chiu et al., 2024).

### ***Mengapa Regulasi Diri Paling Resisten?***

Temuan bahwa regulasi diri hanya meningkat 4,50 poin merupakan salah satu kontribusi empiris paling penting dari penelitian ini. Regulasi diri, dalam kerangka Facione (2015), mencakup kemampuan memantau aktivitas kognitif sendiri, mempertanyakan hasil pemikiran sendiri, dan mengoreksi penalaran sendiri. Kemampuan ini menuntut kultur refleksi berkelanjutan yang tidak dapat dibangun dalam delapan pekan intervensi. Beberapa penelitian terbaru mengonfirmasi resistensi ini. Yang, Liu, dan Li (2025) menunjukkan dalam analisis SEM terhadap guru pendidikan jasmani bahwa regulasi diri merupakan prasyarat, bukan hasil, dari keberhasilan adopsi TPACK. Artinya, guru dengan regulasi diri rendah justru membutuhkan intervensi lebih panjang dan lebih intensif agar perubahan mendasar terjadi.

Konteks Sumba Barat Daya menambah lapisan penjelasan lain. Tradisi pembelajaran didaktik yang masih dominan menempatkan guru sebagai penyampai informasi daripada fasilitator reflektif. Beban kerja administratif yang tinggi serta minimnya komunitas praktik kolegal mengurangi ruang untuk refleksi sistematis. Keterbatasan infrastruktur digital juga menghambat guru mendokumentasikan dan meninjau ulang praktik pembelajaran. Temuan Castro et al. (2025) di konteks rural Amerika Latin dan Petko, Koehler, dan Mishra (2024) di konteks pengembangan TPACK kontekstual sama-sama menunjukkan pola ini, di mana aspek metakognitif adalah yang terakhir berkembang. Implikasi penting dari temuan ini adalah bahwa intervensi TPACK di daerah 3T perlu dipasangkan dengan program pendampingan regulasi diri berjangka panjang dan komunitas praktik yang konsisten, bukan pelatihan singkat sekali waktu.

### ***Komparasi dengan Temuan Peneliti Lain***

Effect size sebesar  $d = 1,13$  yang diperoleh penelitian ini lebih besar dibandingkan effect size rata-rata  $d = 0,72$  dalam meta-analisis Batdı (2024) terhadap 78 studi pelatihan berpikir kritis. Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh tiga faktor. Pertama, titik awal kelompok kontrol yang rendah di wilayah 3T memberikan ruang perbaikan yang lebih luas dibandingkan konteks perkotaan. Kedua, intensitas intervensi yang dilakukan selama delapan pekan dengan 16 sesi

lebih panjang dibandingkan banyak studi pendek tiga hingga empat pekan. Ketiga, konteks kolegiat di sekolah kecil memungkinkan transfer pembelajaran antarguru berjalan lebih cepat.

Hasil penelitian ini mendukung temuan Bwalya et al. (2023) dan Fang et al. (2024) yang menunjukkan bahwa program pelatihan berbasis TPACK meningkatkan kompetensi guru secara signifikan. Temuan ini juga bersesuaian dengan studi Shambare dan Jita (2024) di sekolah rural Afrika Selatan dan Khánh, Kien, dan Tinh (2025) di Vietnam yang melaporkan bahwa TPACK efektif bahkan di konteks dengan infrastruktur terbatas, selama desain intervensi disesuaikan dengan konteks lokal. Namun, temuan ini juga berbeda dari hasil Schmid, Brianza, Mok, dan Petko (2024) yang dalam systematic review of reviews terhadap studi TPACK menemukan effect size yang sangat bervariasi pada konteks dengan dukungan institusional dan kultur kolegiat yang berbeda. Perbedaan ini menguatkan argumen bahwa karakteristik konteks, khususnya baseline literasi digital dan kultur pembelajaran, memoderasi efektivitas TPACK.

#### ***Implikasi Teoretis***

Hasil penelitian ini memperkaya model TPACK in Context dari Petko et al. (2025) dengan menambahkan bukti empiris dari konteks sumber daya rendah. Secara spesifik, penelitian ini menunjukkan bahwa konteks 3T tidak sekadar menjadi pembatas eksternal, melainkan turut membentuk pola internal perkembangan TPACK. Indikator-indikator berpikir kritis tidak berkembang seragam, melainkan terpola mengikuti kesiapan kultural dan infrastrukturnal. Temuan ini mengarah pada usulan perluasan kerangka TPACK untuk mengakomodasi dimensi metakognitif sebagai prasyarat, bukan sekadar hasil, dari integrasi teknologi. Usulan ini sejalan dengan argumen Singh dan Malik (2024) bahwa TPACK perlu diperluas dengan regulated-TPACK yang secara eksplisit memasukkan regulasi diri sebagai komponen.

#### ***Implikasi Praktis dan Kebijakan***

Secara praktis, temuan penelitian ini menghasilkan tiga rekomendasi. Pertama, lembaga pengembangan profesi guru perlu merancang program pelatihan TPACK yang terdiferensiasi antara daerah perkotaan dan daerah 3T, dengan program 3T yang lebih panjang dan lebih intensif pada komponen refleksi. Kedua, program pelatihan perlu menekankan pemanfaatan teknologi berbiaya rendah seperti telepon pintar dan aplikasi offline, sejalan dengan rekomendasi Castro et al. (2025) dan Lohr et al. (2024). Ketiga, dukungan pasca-pelatihan melalui komunitas praktik daring dan pendampingan rutin menjadi kunci untuk mempertahankan perubahan yang telah dicapai. Dalam konteks integrasi kecerdasan buatan, Yue, Jong, dan Ng (2024) menemukan bahwa kesiapan TPACK guru K-12 dan sikap terhadap pendidikan AI sangat dipengaruhi oleh pelatihan yang terdiferensiasi sesuai konteks pembelajaran, sebagaimana juga ditegaskan oleh Jiang dan Jamaludin (2025) untuk konteks rural Asia.

Pada tataran kebijakan, penelitian ini memberikan dasar empiris bagi Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi untuk memperluas program Guru Penggerak dan Kurikulum Merdeka di 62 kabupaten 3T dengan modul khusus berbasis TPACK. Model pelatihan yang diusulkan memerlukan biaya relatif rendah karena memanfaatkan teknologi yang telah tersedia di tangan guru. Bagi pemerintah daerah, penelitian ini menekankan pentingnya investasi pada komunitas praktik lokal dan pendampingan berkelanjutan, bukan sekadar pengadaan perangkat. Di tingkat internasional, model pelatihan berbiaya rendah ini dapat direplikasi di wilayah rural negara berpenghasilan menengah ke bawah lainnya, menambah repertoar intervensi yang telah didokumentasikan oleh UNESCO sebagai praktik baik pengembangan profesi guru di konteks sumber daya rendah.

#### ***Limitasi Penelitian***

Penelitian ini memiliki empat limitasi yang perlu diakui secara jujur. Pertama, ukuran sampel sebanyak 40 guru relatif terbatas, meskipun analisis power menunjukkan kecukupan statistik untuk mendeteksi effect size yang besar. Studi replikasi dengan sampel lebih besar dan desain pretest-posttest control group perlu dilakukan untuk memperkuat generalisabilitas. Kedua, desain non-equivalent posttest-only tidak menyediakan data perubahan individual dari waktu ke waktu, meskipun uji kesetaraan baseline telah memperkuat kredibilitas kausal.

Ketiga, durasi intervensi delapan pekan belum cukup panjang untuk menangkap perubahan metakognitif yang berlangsung lambat, terutama regulasi diri. Keempat, penelitian hanya dilakukan di satu kabupaten, sehingga generalisasi ke seluruh wilayah 3T Indonesia perlu dilakukan dengan hati-hati.

## KESIMPULAN

Pendekatan TPACK terbukti efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis guru di daerah 3T dengan effect size besar (Cohen's  $d = 1,13$ ). Peningkatan paling tajam terjadi pada indikator analisis dan eksplanasi, sedangkan regulasi diri menunjukkan peningkatan paling kecil. Pola ini mengungkap bahwa efektivitas TPACK di konteks sumber daya rendah tidak seragam, melainkan dibentuk oleh kesiapan kultural dan infrastruktural. Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dengan memperluas kerangka TPACK ke konteks 3T dan mengusulkan pengintegrasian regulasi diri sebagai komponen eksplisit, kontribusi metodologis dengan mendemonstrasikan penggunaan desain kuasi-eksperimen yang dapat dipertanggungjawabkan di lapangan, serta kontribusi praktis melalui model pelatihan TPACK berbiaya rendah yang dapat direplikasi di 62 kabupaten 3T Indonesia dan wilayah rural negara berkembang lainnya. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan desain longitudinal dengan durasi lebih panjang, sampel lebih besar, dan variasi konteks daerah 3T untuk menguji generalisabilitas pola temuan.

## REFERENSI

- Akbar, M., & Kusnandar, K. (2024). Social media literacy among rural people in Indonesia: Empirical findings from a nationwide survey. *Information Development*, 41(3), 624–640. <https://doi.org/10.1177/02666669241302053>
- Batdi, V. (2024). Evaluation of the effectiveness of critical thinking training on critical thinking skills and academic achievement by using mixed-meta method. *Review of Education*, 12(3), e70001. <https://doi.org/10.1002/rev3.70001>
- Brianza, E., Schmid, M., Tondeur, J., & Petko, D. (2022). Situating TPACK: A systematic literature review of context as a domain of knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 22(4), 707–753. <https://citejournal.org/volume-22/issue-4-22/general/situating-tpack-a-systematic-literature-review-of-context-as-a-domain-of-knowledge>
- Bwalya, A., Rutegwa, M., Tukahabwa, D., & Mapulanga, T. (2023). Enhancing pre-service Biology teachers' technological pedagogical content knowledge through a TPACK-based course. *Journal of Turkish Science Education*, 20(4), 651–673. <https://doi.org/10.36681/tused.2023.039>
- Castro, A., Díaz, B., Aguilera, C., Prat, M., & Chávez-Herting, D. (2025). Identifying rural elementary teachers' perception challenges and opportunities in integrating artificial intelligence in teaching practices. *Sustainability*, 17(6), 2748. <https://doi.org/10.3390/su17062748>
- Chansanam, W., Sornkhatha, P., & Tuamsuk, K. (2025). Determinants of successful TPACK implementation: Insights from a multi-dimensional analytical approach. *Educational Process: International Journal*, 17(3), 381–402. <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.17.381>
- Chiu, T. K. F., Falloon, G., Song, Y., Wong, V. W. L., Zhao, L., & Ismailov, M. (2024). A self-determination theory approach to teacher digital competence development. *Computers & Education*, 205, 104963. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104963>
- Cui, R., & Teo, P. (2023). Thinking through talk: Using dialogue to develop students' critical thinking. *Teaching and Teacher Education*, 125, 104068. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104068>
- Facione, P. A. (1990). Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction (The Delphi Report). The California Academic Press.

- Facione, P. A. (2015). Critical thinking: What it is and why it counts (2015 update). Insight Assessment. <https://www.insightassessment.com/wp-content/uploads/ia/pdf/whatwhy.pdf>
- Facione, P. A., Crossetti, M. D. G. O., & Riegel, F. (2017). Holistic critical thinking in the nursing diagnostic process. *Revista Gaúcha de Enfermagem*, 38(3), e75576. <https://doi.org/10.1590/1983-1447.2017.03.75576>
- Fang, X., Chen, R., & Li, M. (2024). Assessing digital competency growth through TPACK-aligned experiential learning. *Australasian Journal of Educational Technology*, 40(1), 55–70. <https://doi.org/10.14742/ajet.8502>
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., & Buchner, A. (2007). G\*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*, 39(2), 175–191. <https://doi.org/10.3758/BF03193146>
- Handayani, S., Widiastuti, A., & Mishra, P. (2023). Bibliometric analysis of TPACK research trends: A two-decade review. *Education and Information Technologies*, 28(10), 13421–13445. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11826-1>
- Jiang, Y., & Jamaludin, D. A. (2025). Enhancing digital literacy in rural education: Strategies for strengthening TPACK among primary school teachers. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*, 9(7), 880–884. <https://doi.org/10.47772/ijriss.2025.90700071>
- Joshi, A. (2023). TPACK-based professional development and teacher self-efficacy: A longitudinal study. *International Journal of Instruction*, 16(4), 23–42. <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16423a>
- Khánh, M. Q., Kien, P. T., & Tinh, T. T. (2025). Application of technology-integrated learning models in training professionalism for education students. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering*, 11(3), 1–12. <https://doi.org/10.22399/ijcesen.2743>
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70. <https://citejournal.org/volume-9/issue-1-09/general/what-is-technological-pedagogicalcontent-knowledge>
- Kumala, F. N., Ghufron, A., & Pujiastuti, P. (2022). Elementary school teachers' TPACK profile in science teaching based on demographic factors. *International Journal of Instruction*, 15(3), 77–96. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.1535a>
- Lin, T. J., & Hwang, G. J. (2019). The quality of experimental designs in mobile learning research: A systematic review and self-improvement tool. *Educational Research Review*, 28, 100284. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.100284>
- Lohr, A., Sailer, M., Stadler, M., & Fischer, F. (2024). Digital learning in schools: Which skills do teachers need, and who should bring their own devices? *Teaching and Teacher Education*, 152, 104788. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2024.104788>
- Masoumi, D., & Noroozi, O. (2023). Developing early career teachers' professional digital competence: A systematic literature review. *European Journal of Teacher Education*, 46(5), 841–861. <https://doi.org/10.1080/02619768.2023.2229006>
- Miller, C. J., Smith, S. N., & Pugatch, M. (2020). Experimental and quasi-experimental designs in implementation research. *Psychiatry Research*, 283, 112452. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2019.06.027>
- Mishra, P. (2019). Considering contextual knowledge: The TPACK diagram gets an upgrade. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 35(2), 76–78. <https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1588611>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Mishra, P., Oster, N., & Henriksen, D. (2024). Generative AI, teacher knowledge and educational research: Bridging short- and long-term perspectives. *TechTrends*, 68(2), 205–210. <https://doi.org/10.1007/s11528-024-00939-0>

- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric theory* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Petko, D., Mishra, P., & Koehler, M. J. (2025). TPACK in context: An updated model. *Computers & Education Open*, 8, 100244. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100244>
- Petko, D., Koehler, M. J., & Mishra, P. (2024). Placing TPACK in context: Looking at the big picture. *Computers and Education Open*, 7, 100236. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100236>
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2019). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in Nursing & Health*, 42(3), 225–235. <https://doi.org/10.1002/nur.21950>
- Sarwari, K., & Kakar, A. F. (2023). Developing students' critical thinking skills through contextual teaching and learning. *Journal of Language and Linguistic Studies*, 19(1), 112–128. <https://doi.org/10.52462/jlls.235>
- Scherer, R., Siddiq, F., Howard, S. K., & Tondeur, J. (2023). The more experienced the better prepared? New evidence on the relation between teachers' experience and their readiness for online teaching and learning. *Computers in Human Behavior*, 139, 107530. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107530>
- Scherer, R., Tondeur, J., Siddiq, F., & Baran, E. (2018). The importance of attitudes toward technology for pre-service teachers' technological, pedagogical, and content knowledge: Comparing structural equation modeling approaches. *Computers in Human Behavior*, 80, 67–80. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.11.003>
- Schmid, M., Brianza, E., & Petko, D. (2021). Self-reported technological pedagogical content knowledge (TPACK) of pre-service teachers in relation to digital technology use in lesson plans. *Computers in Human Behavior*, 115, 106586. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106586>
- Schmid, M., Brianza, E., Mok, S. Y., & Petko, D. (2024). Running in circles: A systematic review of reviews on technological pedagogical content knowledge (TPACK). *Computers & Education*, 214, 105024. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105024>
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin.
- Shambare, B., & Jita, T. (2024). Understanding science teachers' TPACK for virtual lab adoption in rural schools in South Africa: A mixed-methods approach. *Frontiers in Education*, 9, 1426451. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1426451>
- Singh, J., & Malik, S. (2024). Rethinking TPACK for the AI era: Toward a regulated-TPACK framework. *Education and Information Technologies*, 29(15), 20117–20140. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12689-w>
- Soekamto, H., Nikolaeva, I., Abbood, A. A. A., Grachev, D., Kosov, M., Yumashev, A., Kostyrin, E., Lazareva, N., Kvitkovskaja, A., & Nikitina, N. (2022). Professional development of rural teachers based on digital literacy. *Emerging Science Journal*, 6(6), 1525–1540. <https://doi.org/10.28991/ESJ-2022-06-06-019>
- Tondeur, J., van Braak, J., Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. (2017). Understanding the relationship between teachers' pedagogical beliefs and technology use in education: A systematic review of qualitative evidence. *Educational Technology Research and Development*, 65(3), 555–575. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9481-2>
- Tondeur, J., Scherer, R., Siddiq, F., & Baran, E. (2017). A comprehensive investigation of TPACK within pre-service teachers' ICT profiles: Mind the gap! *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3), 46–60. <https://doi.org/10.14742/ajet.3504>
- Tondeur, J., Scherer, R., Siddiq, F., & Baran, E. (2020). Enhancing pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK): A mixed-method study. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 319–343. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09692-1>
- Valtonen, T., Sointu, E., Kukkonen, J., Kontkanen, S., Lambert, M. C., & Mäkitalo-Siegl, K. (2017). TPACK updated to measure pre-service teachers' twenty-first century skills. *Australasian Journal of Educational Technology*, 33(3), 15–31. <https://doi.org/10.14742/ajet.3518>

- Voogt, J., Fisser, P., Pareja Roblin, N., Tondeur, J., & van Braak, J. (2013). Technological pedagogical content knowledge – A review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(2), 109–121. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00487.x>
- Wang, Y., & Zhang, Q. (2024). Sustaining teacher professional learning in STEM: Lessons learned from an 18-year-long journey into TPACK-guided professional development. *Education Sciences*, 14(4), 402. <https://doi.org/10.3390/educsci14040402>
- Wang, W., Schmidt-Crawford, D., & Jin, Y. (2018). Preservice teachers' TPACK development: A review of literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(4), 234–258. <https://doi.org/10.1080/21532974.2018.1498039>
- Willermark, S. (2018). Technological pedagogical and content knowledge: A review of empirical studies published from 2011 to 2016. *Journal of Educational Computing Research*, 56(3), 315–343. <https://doi.org/10.1177/0735633117713114>
- Yang, P., Liu, Y., & Li, Y. (2025). The mediating role of self-regulation in fostering Intelligent-TPACK and ethics in physical education teacher education students. *Scientific Reports*, 15(1), 34126. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-21795-9>
- Yuan, R., & Liao, W. (2023). Critical thinking in teacher education: Where do we stand and where can we go? *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 29(6), 543–555. <https://doi.org/10.1080/13540602.2023.2252688>
- Yue, M., Jong, M. S. Y., & Ng, D. T. K. (2024). Understanding K-12 teachers' technological pedagogical content knowledge readiness and attitudes toward artificial intelligence education. *Education and Information Technologies*, 29(15), 19505–19536. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12621-2>