

# Peran Kecerdasan Buatan dan Kompetensi Guru dalam Pemerataan Pendidikan Berkualitas di Indonesia

Ahmad Jailani<sup>1\*</sup>, Rinda Afliani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Terbuka

<sup>2</sup> Fakultas Ilmu pendidikan, Universitas Negeri Makassar

Email Koresponden: [ahmjailani67@gmail.com](mailto:ahmjailani67@gmail.com)

(\* : corresponding author)

**Abstrak** - Transformasi digital pendidikan di Indonesia semakin menekankan pemanfaatan teknologi cerdas, termasuk platform pembelajaran berbasis kecerdasan buatan (AI). Namun, masih terdapat kesenjangan signifikan dalam infrastruktur, kompetensi digital guru, dan kualitas hasil belajar antara sekolah urban dan rural. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak implementasi solusi AI-driven personalized learning yang diintegrasikan dengan program pengembangan profesional guru intensif terhadap pemerataan hasil belajar siswa. Studi menggunakan desain mixed-methods longitudinal selama dua tahun yang melibatkan sekolah intervensi dan kontrol di wilayah rural Indonesia. Data kuantitatif diperoleh melalui pre-post tests, platform analytics, serta indikator equity gap; sementara data kualitatif diperoleh melalui wawancara guru, observasi kelas, dan studi dokumen. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada capaian belajar siswa di sekolah intervensi dengan rata-rata peningkatan 23,4% dibandingkan kelompok kontrol. Analisis equity gap mengindikasikan penyempitan kesenjangan hasil belajar antar kelompok sosial-ekonomi sebesar 18,7%. Temuan kualitatif mengungkap bahwa kompetensi guru dalam mengintegrasikan AI ke dalam praktik pedagogis (AI-TPACK) menjadi faktor penentu keberhasilan implementasi. Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis terhadap literatur digital equity dan kontribusi praktis bagi kebijakan adopsi teknologi AI dalam pendidikan di negara berkembang.

**Kata Kunci:** AI dalam Pendidikan, Kesenjangan Digital, Sekolah Pedesaan, AI-TPACK, Pengembangan Profesional

| Diterima   | Direvisi   | Diterbitkan |
|------------|------------|-------------|
| 14-05-2025 | 25-10-2025 | 03-11-2025  |

Url Artikel : <https://ejournal.ranedu.my.id/index.php/pendiri/article/view/115>

Doi : [10.63866/pendiri.v3i1.115](https://doi.org/10.63866/pendiri.v3i1.115)

## 1. PENDAHULUAN

Transformasi digital telah menjadi agenda utama dalam reformasi pendidikan global, seiring dengan berkembangnya kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) yang menawarkan pendekatan baru dalam proses pembelajaran. Teknologi AI memungkinkan personalisasi pembelajaran, adaptasi materi secara real-time, serta pemberian umpan balik berkelanjutan berbasis data interaksi belajar siswa [1]. Berbeda dengan teknologi pendidikan konvensional, AI memiliki kemampuan untuk menganalisis pola belajar individu dan menyesuaikan pengalaman belajar sesuai kebutuhan dan kecepatan belajar siswa [2].

Meskipun demikian, penerapan AI dalam pendidikan tidak secara otomatis menghasilkan peningkatan kualitas maupun pemerataan pendidikan. Literatur kritis menegaskan bahwa tanpa perencanaan pedagogis dan kebijakan yang memadai, AI justru berpotensi memperlebar kesenjangan pendidikan yang telah ada. Permasalahan ini berkaitan erat dengan kesenjangan digital (digital divide), yang mencakup perbedaan akses terhadap

infrastruktur, literasi digital, serta kapasitas pemanfaatan teknologi dalam proses pembelajaran [2].

Tantangan tersebut semakin nyata di negara berkembang. Laporan UNESCO menunjukkan bahwa sebagian besar implementasi dan penelitian AI dalam pendidikan masih terkonsentrasi di negara maju, sementara bukti empiris dari konteks dengan keterbatasan sumber daya masih terbatas [3]. Tinjauan sistematis oleh Zawacki-Richter *et al.* juga mengungkapkan bahwa riset AI dalam pendidikan lebih banyak berfokus pada aspek teknis dan adopsi teknologi, dibandingkan dampaknya terhadap praktik pedagogis dan pemerataan hasil belajar [4].

Dalam konteks Indonesia, penelitian mengenai AI dalam pendidikan masih relatif terbatas dan didominasi oleh kajian konseptual atau studi skala kecil. Wijaya dan Suryani melaporkan bahwa riset AI di sektor pendidikan Indonesia belum banyak mengkaji dampak jangka panjang terhadap hasil belajar maupun aspek pemerataan pendidikan [5], [6], [7]. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan riset, khususnya terkait implementasi AI di sekolah-sekolah dengan keterbatasan infrastruktur, seperti sekolah di daerah rural.

Selain faktor teknologi, peran guru merupakan elemen kunci dalam menentukan keberhasilan implementasi AI dalam pembelajaran. Kerangka *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) menekankan bahwa teknologi hanya akan berdampak signifikan apabila diintegrasikan secara bermakna dengan pedagogi dan konten pembelajaran [8], [9], [10]. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa pengembangan profesional guru yang berkelanjutan merupakan prasyarat utama agar teknologi digital dapat dimanfaatkan secara efektif [10], [11].

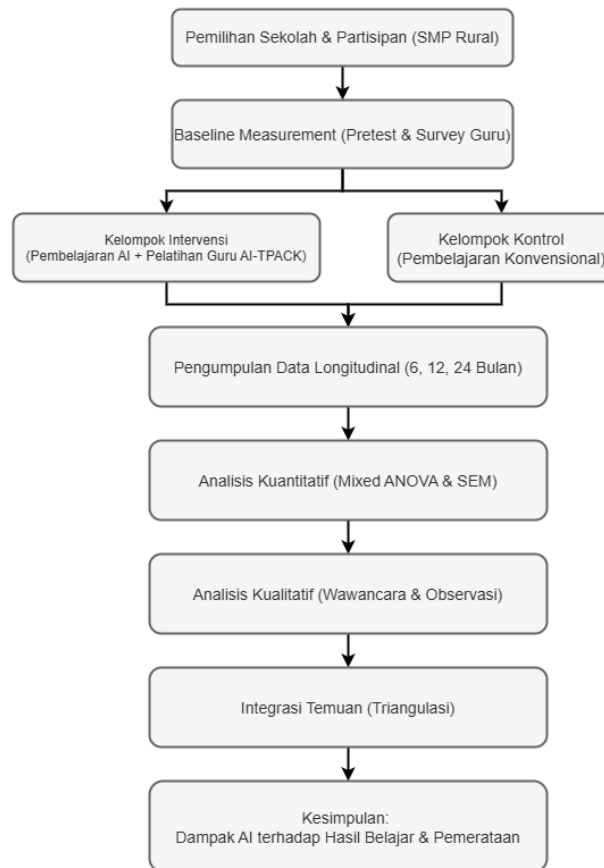
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak implementasi pembelajaran berbasis AI yang terintegrasi dengan pengembangan profesional guru terhadap hasil belajar dan pemerataan pendidikan di sekolah rural Indonesia. Penelitian ini mengembangkan model AI-TPACK sebagai perluasan dari kerangka TPACK, yang memposisikan kompetensi guru dalam mengintegrasikan AI sebagai mediator antara penggunaan teknologi dan pemerataan hasil belajar siswa.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain *mixed-methods longitudinal* dengan pendekatan *sequential explanatory*, yang mengombinasikan metode kuantitatif dan kualitatif secara berurutan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai dampak implementasi pembelajaran berbasis kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) terhadap hasil belajar dan pemerataan pendidikan. Pendekatan ini memungkinkan pengukuran dampak intervensi secara kuantitatif sekaligus penjelasan mendalam mengenai mekanisme pedagogis yang mendasarinya.

Pada tahap kuantitatif, penelitian menerapkan desain *quasi-experimental pretest-posttest* dengan kelompok kontrol, yang dilaksanakan secara longitudinal selama dua tahun. Pengukuran dilakukan pada empat titik waktu, yaitu sebelum intervensi (*baseline*), setelah 6 bulan, 12 bulan, dan 24 bulan. Tahap kualitatif dilakukan setelah analisis kuantitatif untuk menafsirkan temuan statistik melalui wawancara, observasi kelas, dan analisis dokumen pembelajaran.



**Gambar 1.** Diagram Alur Penelitian

Gambar 1 menyajikan alur penelitian secara keseluruhan, mulai dari pemilihan partisipan, pengukuran awal (baseline), pelaksanaan intervensi berbasis AI dan pengembangan profesional guru, pengumpulan data longitudinal, hingga integrasi analisis kuantitatif dan kualitatif untuk menarik kesimpulan penelitian.

## 2.2 Partisipan dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di enam Sekolah Menengah Pertama (SMP) di wilayah rural Indonesia yang dipilih secara purposive berdasarkan kriteria keterbatasan infrastruktur digital dan kesediaan mengikuti penelitian jangka panjang. Sekolah kemudian dibagi menjadi tiga sekolah kelompok intervensi dan tiga sekolah kelompok kontrol dengan mempertimbangkan kesetaraan karakteristik awal siswa dan guru.

Partisipan penelitian terdiri atas 288 siswa kelas VIII (144 siswa kelompok intervensi dan 144 siswa kelompok kontrol) serta 24 guru mata pelajaran Matematika, Bahasa Indonesia, dan IPA. Pemilihan siswa dilakukan menggunakan teknik *cluster sampling*, sedangkan guru dipilih berdasarkan keterlibatan langsung dalam proses pembelajaran di kelas penelitian.

## 2.3 Kerangka Konseptual Penelitian

Penelitian ini dikembangkan berdasarkan kerangka Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) [8] yang diperluas ke dalam konteks kecerdasan buatan dan dirumuskan sebagai model AI-TPACK. Dalam model ini, kompetensi guru dalam mengintegrasikan AI secara pedagogis diposisikan sebagai variabel mediator antara penggunaan teknologi AI dan hasil belajar serta pemerataan pendidikan.

Variabel penelitian meliputi: (1) implementasi pembelajaran berbasis AI sebagai variabel independen; (2) kompetensi guru berbasis AI-TPACK sebagai variabel mediator; dan (3) hasil belajar serta pemerataan hasil belajar siswa sebagai variabel dependen.

## 2.4 Intervensi Penelitian

Intervensi pada kelompok eksperimen terdiri atas dua komponen utama yang saling terintegrasi. Pertama, penggunaan platform pembelajaran berbasis AI yang mendukung pembelajaran adaptif, diferensiasi materi, dan umpan balik otomatis berbasis data interaksi siswa. Kedua, program pengembangan profesional guru berbasis AI-TPACK, yang berfokus pada integrasi AI dalam desain pembelajaran, pemanfaatan data pembelajaran, dan pengambilan keputusan pedagogis.

Program pengembangan profesional guru dilaksanakan melalui pelatihan terstruktur, pendampingan, dan refleksi praktik mengajar selama enam bulan. Kelompok kontrol melaksanakan pembelajaran sesuai praktik konvensional tanpa intervensi tambahan selama periode penelitian.

## 2.5 Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Data kuantitatif dikumpulkan menggunakan tes hasil belajar siswa, kuesioner kompetensi guru berbasis AI-TPACK, serta data learning analytics yang merekam aktivitas, progres, dan pola interaksi siswa pada platform AI [12], [13], [14]. Data kualitatif diperoleh melalui wawancara semi-terstruktur, observasi kelas, dan analisis dokumen pembelajaran.

## 2.6 Teknik Analisis Data

Analisis data kuantitatif dilakukan menggunakan Mixed ANOVA untuk menguji perbedaan hasil belajar antar kelompok dan antar waktu pengukuran. Untuk menguji peran mediasi kompetensi guru berbasis AI-TPACK, digunakan analisis mediasi berbasis Structural Equation Modeling (SEM). Data learning analytics dianalisis untuk mengidentifikasi pola penggunaan dan keterkaitannya dengan hasil belajar siswa.

Analisis data kualitatif dilakukan menggunakan pendekatan thematic analysis, sedangkan integrasi data kuantitatif dan kualitatif dilakukan melalui triangulasi guna memperoleh pemahaman yang holistik mengenai dampak dan mekanisme implementasi intervensi.

## 2.7 Etika Penelitian

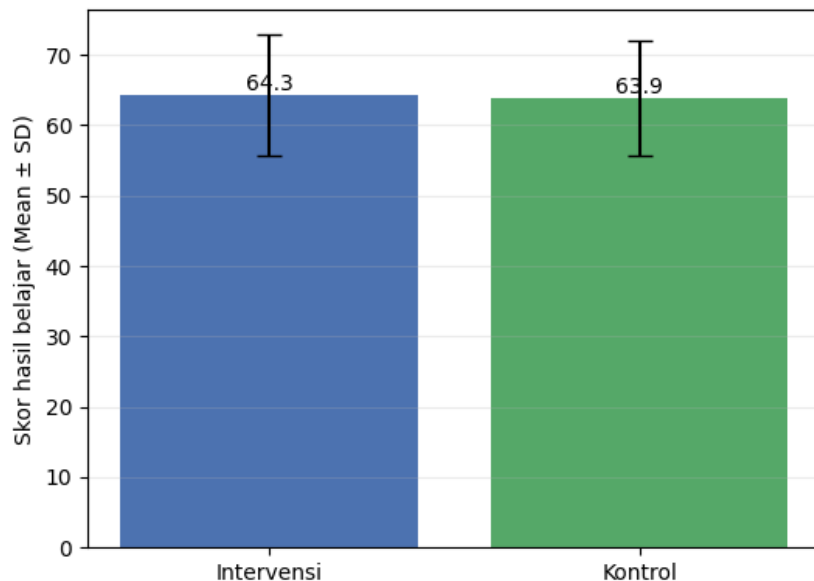
Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan prinsip etika penelitian pendidikan. Seluruh partisipan memberikan *informed consent*, dan kerahasiaan data dijaga melalui proses anonimisasi. Partisipasi bersifat sukarela dan tidak menimbulkan konsekuensi akademik bagi partisipan.

# 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

## 3.1 Kesetaraan Awal (Baseline)

Penilaian kesetaraan awal dilakukan untuk memastikan bahwa kelompok intervensi dan kontrol memulai penelitian dari kondisi yang sebanding, sehingga perubahan pada tahap berikutnya dapat ditafsirkan sebagai dampak intervensi, bukan akibat perbedaan awal (selection bias) yang melekat pada desain quasi-eksperimental. Oleh karena itu, analisis baseline difokuskan pada dua domain yang paling relevan dengan luaran penelitian: (i) skor hasil belajar siswa sebagai outcome utama dan (ii) kompetensi awal guru (pedagogik dan teknologi) sebagai faktor pendukung yang berpotensi memengaruhi efektivitas implementasi.

Seperti ditunjukkan pada Tabel 1, rerata skor hasil belajar siswa pada baseline hampir identik antara kelompok intervensi ( $64,3 \pm 8,5$ ) dan kontrol ( $63,9 \pm 8,2$ ) dengan  $p = 0,71$ . Pola yang sama terlihat pada kompetensi pedagogik guru ( $3,21 \pm 0,42$  vs  $3,18 \pm 0,39$ ;  $p = 0,64$ ) dan kompetensi teknologi guru ( $3,05 \pm 0,47$  vs  $3,02 \pm 0,45$ ;  $p = 0,68$ ). Selain tidak signifikannya perbedaan statistik, besaran selisih rerata juga sangat kecil (perkiraan standardized mean difference/Cohen's  $d$  sekitar  $0,05$ – $0,07$ ), mengindikasikan bahwa ketidakseimbangan awal—bila ada—bersifat minimal secara praktis. Dengan demikian, Tabel 1 memberikan dasar empirik bahwa kedua kelompok berada pada titik awal yang sebanding untuk variabel-variabel kunci. Pada gambar 2 kemudian menyajikan visualisasi ringkas yang memudahkan pembaca menilai konsistensi temuan pada outcome utama, yaitu skor hasil belajar siswa.



**Gambar 2.** Skor Hasil Belajar Siswa pada Tahap Baseline (Mean ± SD)

Grafik pada gambar 2. menunjukkan bahwa rerata skor baseline kedua kelompok hampir sama, dan error bar (SD) yang serupa menandakan tingkat variasi yang sebanding. Secara substantif, kesamaan rerata dan sebaran ini memperkuat interpretasi bahwa tidak ada “keunggulan awal” pada salah satu kelompok, sehingga perbedaan pada pengukuran berikutnya lebih layak diatribusikan pada pelaksanaan intervensi daripada perbedaan kondisi awal.

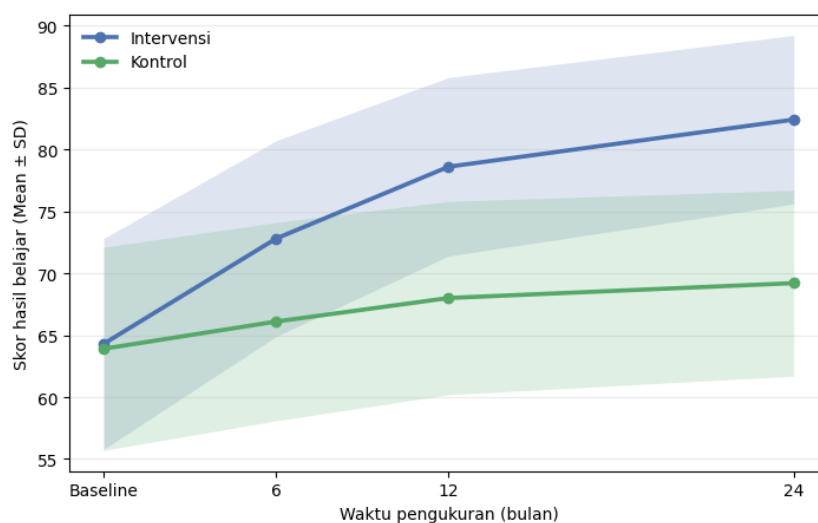
### 3.2 Perkembangan Hasil Belajar Siswa

Perkembangan hasil belajar siswa dianalisis menggunakan Mixed ANOVA dengan faktor dalam-subjek waktu (baseline, 6 bulan, 12 bulan, 24 bulan) dan faktor antar-subjek kelompok (intervensi vs kontrol). Hasil analisis menunjukkan interaksi waktu  $\times$  kelompok yang signifikan ( $F(3, 852) = 18.47, p < 0.001$ ), yang mengindikasikan bahwa lintasan perubahan skor dari waktu ke waktu berbeda secara bermakna antara kedua kelompok. Dengan kata lain, pengaruh waktu terhadap skor tidak bersifat seragam, melainkan bergantung pada apakah siswa berada pada kelompok intervensi atau kontrol. Untuk memberikan konteks empiris terhadap hasil inferensial tersebut, Tabel 2 merangkum statistik deskriptif (Mean ± SD) pada setiap titik pengukuran. Penyajian ini penting karena reviewer umumnya menilai kesimpulan interaksi bukan hanya dari  $p$ -value, tetapi juga dari pola perubahan antar-waktu dan besaran pemisahan antar-kelompok.

**Tabel 2.** Perkembangan Hasil Belajar Siswa Selama 24 Bulan

| Waktu Pengukuran | Intervensi (Mean $\pm$ SD) | Kontrol (Mean $\pm$ SD) |
|------------------|----------------------------|-------------------------|
| Baseline         | 64.3 $\pm$ 8.5             | 63.9 $\pm$ 8.2          |
| 6 bulan          | 72.8 $\pm$ 7.9             | 66.1 $\pm$ 8.0          |
| 12 bulan         | 78.6 $\pm$ 7.2             | 68.0 $\pm$ 7.8          |
| 24 bulan         | 82.4 $\pm$ 6.8             | 69.2 $\pm$ 7.5          |

Secara deskriptif, kelompok intervensi menunjukkan peningkatan yang konsisten pada setiap periode (kenaikan total +18,1 poin dari baseline ke 24 bulan, sekitar 28,1% dari skor baseline), sedangkan kelompok kontrol meningkat lebih terbatas (kenaikan total +5,3 poin, sekitar 8,3%). Pemisahan rerata antar-kelompok juga semakin melebar dari baseline (0,4 poin) menjadi 6,7 (6 bulan), 10,6 (12 bulan), dan 13,2 poin (24 bulan), yang secara substantif konsisten dengan adanya interaksi waktu  $\times$  kelompok. Sejalan dengan itu, nilai ukuran efek yang dilaporkan ( $\eta^2 = 0,21$ ) mengindikasikan pengaruh intervensi pada perubahan hasil belajar berada pada kisaran sedang hingga kuat, sehingga temuan tidak hanya signifikan secara statistik tetapi juga relevan secara praktis. Untuk memudahkan pembaca menangkap pola longitudinal dan “gap” yang terbentuk antar-kelompok, Gambar 3 memvisualisasikan lintasan rerata skor pada setiap waktu pengukuran.

**Gambar 3.** Tren Perkembangan Hasil Belajar Siswa (Baseline–24 Bulan).

Garis kelompok intervensi memperlihatkan kenaikan yang lebih curam dan berkelanjutan dibanding kontrol, dengan jarak antar-garis yang makin besar pada pengukuran 12 dan 24 bulan. Pola divergensi ini merupakan representasi visual dari interaksi waktu  $\times$  kelompok pada Mixed ANOVA: bukan sekadar “dua kelompok sama-sama naik”, tetapi kelompok intervensi meningkat lebih cepat dan mempertahankan kenaikan hingga akhir periode pengamatan.

### 3.3 Pemerataan Hasil Belajar

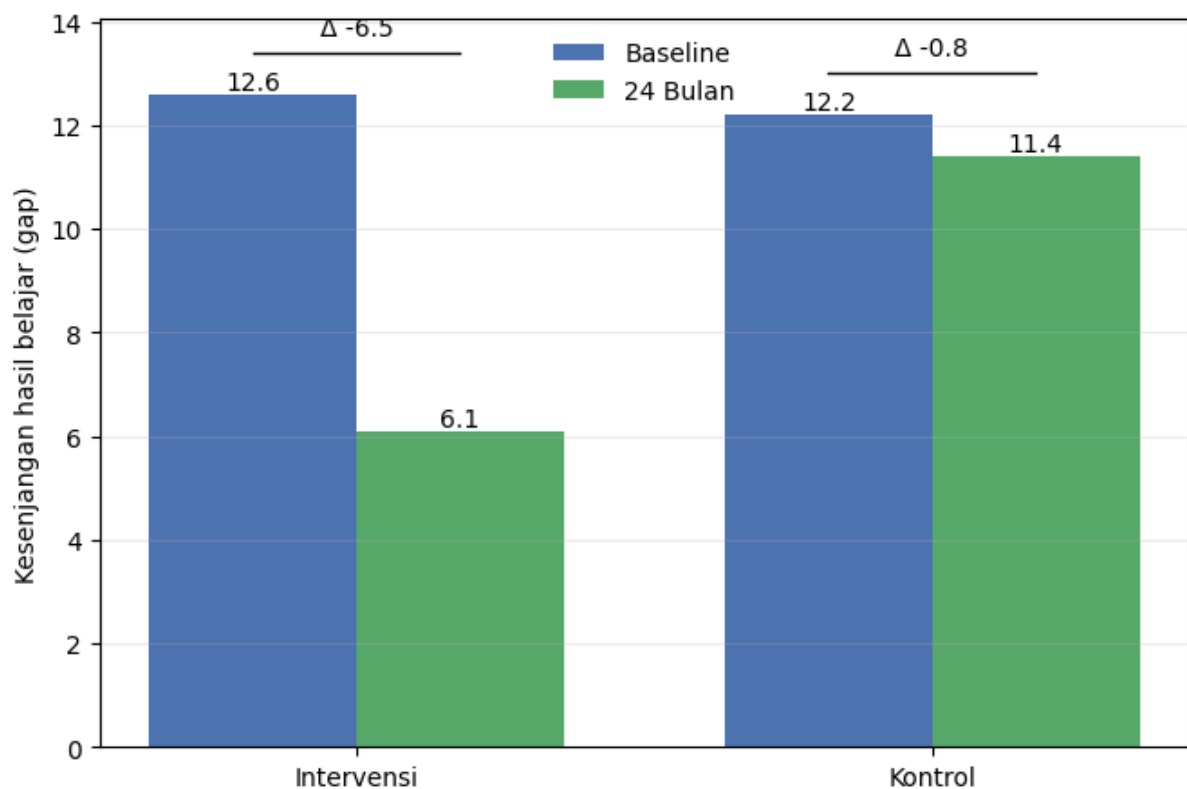
Selain mengevaluasi kenaikan rerata hasil belajar, studi ini juga menilai pemerataan (equity of outcomes), yaitu apakah intervensi turut mengurangi kesenjangan capaian berdasarkan latar belakang sosial-ekonomi. Kesenjangan (gap) pada bagian ini diperlakukan sebagai indikator disparitas—semakin kecil nilainya, semakin merata capaian hasil belajar

antar-kelompok sosial-ekonomi (sesuai definisi operasional penelitian ini). Hasil analisis menunjukkan bahwa kesenjangan pada kelompok intervensi menurun secara nyata setelah 24 bulan implementasi pembelajaran berbasis AI, sedangkan pada kelompok kontrol perubahan yang terjadi relatif minimal. Untuk memperjelas besaran perubahan tersebut, Tabel 3 merangkum kesenjangan pada baseline dan 24 bulan, sekaligus perubahan absolutnya.

**Tabel 3.** Kesenjangan Hasil Belajar Berdasarkan Latar Belakang Sosial-Ekonomi

| Kelompok   | Baseline | 24 Bulan | Perubahan |
|------------|----------|----------|-----------|
| Intervensi | 12.6     | 6.1      | -6.5      |
| Kontrol    | 12.2     | 11.4     | -0.8      |

Secara substantif, kelompok intervensi mengalami penurunan kesenjangan sebesar 6,5 poin (dari 12,6 menjadi 6,1), setara dengan penurunan relatif sekitar 51,6%. Sebaliknya, kelompok kontrol hanya turun 0,8 poin (sekitar 6,6%). Dengan membandingkan perubahan kedua kelompok, terlihat selisih penurunan kesenjangan sebesar 5,7 poin (*difference-in-differences*), yang memperkuat interpretasi bahwa intervensi tidak hanya menaikkan capaian, tetapi juga cenderung lebih menguntungkan kelompok yang sebelumnya tertinggal, sehingga disparitas mengecil. Untuk memudahkan pembaca menangkap pola perubahan dan perbandingan antar-kelompok secara cepat, Gambar 4 memvisualisasikan kesenjangan pada baseline dan 24 bulan untuk kelompok intervensi dan kontrol.



**Gambar 4.** Perubahan Kesenjangan Hasil Belajar Siswa (Baseline vs 24 Bulan)

Gambar 4 menegaskan dua poin utama: (i) pada kelompok intervensi, kesenjangan turun tajam dari 12,6 ke 6,1 (sekitar 52%), dan (ii) pada kelompok kontrol, kesenjangan relatif “bertahan” tinggi (12,2 ke 11,4). Secara interpretatif, pola ini konsisten dengan tujuan equity: intervensi berasosiasi dengan penyempitan gap, bukan sekadar peningkatan rata-rata yang berpotensi hanya dinikmati sebagian siswa.

### 3.4 Peran Mediasi Kompetensi Guru Berbasis AI-TPACK

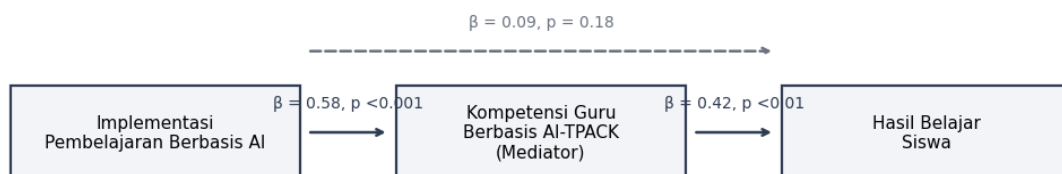
Untuk menguji mekanisme (bagaimana) implementasi pembelajaran berbasis AI berasosiasi dengan peningkatan hasil belajar siswa, dilakukan Structural Equation Modeling (SEM) dengan kompetensi guru berbasis AI-TPACK sebagai variabel mediator. Secara konseptual, model ini mengasumsikan bahwa dampak AI terhadap capaian siswa terutama bekerja melalui peningkatan kapasitas guru dalam mengintegrasikan AI secara pedagogis (bukan semata-mata karena “kehadiran” teknologi).

Sebagai pijakan empiris, Tabel 4 merangkum koefisien jalur terstandar ( $\beta$ ) dan signifikansinya. Ringkasan ini memungkinkan pembaca menilai dua syarat kunci mediasi: (i) apakah implementasi AI berhubungan dengan peningkatan AI-TPACK guru, dan (ii) apakah AI-TPACK guru berhubungan dengan hasil belajar, setelah mengendalikan jalur lain di dalam model.

**Tabel 4.** Hasil Analisis Mediasi Kompetensi Guru Berbasis AI-TPACK

| Jalur Hubungan                            | Koefisien ( $\beta$ ) | p-value |
|-------------------------------------------|-----------------------|---------|
| AI $\rightarrow$ AI-TPACK Guru            | 0.58                  | <0.001  |
| AI-TPACK Guru $\rightarrow$ Hasil Belajar | 0.42                  | <0.01   |
| AI $\rightarrow$ Hasil Belajar (langsung) | 0.09                  | 0.18    |

Hasil pada Tabel 4 menunjukkan bahwa jalur AI  $\rightarrow$  AI-TPACK guru signifikan dan cukup kuat ( $\beta = 0,58$ ;  $p < 0,001$ ), serta jalur AI-TPACK guru  $\rightarrow$  hasil belajar juga signifikan ( $\beta = 0,42$ ;  $p < 0,01$ ). Sementara itu, jalur langsung AI  $\rightarrow$  hasil belajar menjadi tidak signifikan setelah mediator dimasukkan ( $\beta = 0,09$ ;  $p = 0,18$ ). Secara substantif, pola ini konsisten dengan dominasi pengaruh tidak langsung (melalui mediator). Berdasarkan koefisien terstandar yang tersedia, besaran efek tidak langsung dapat diperkirakan sebagai produk jalur  $0,58 \times 0,42 \approx 0,24$ , yang mengindikasikan kontribusi mediasi yang bermakna secara praktis. Temuan ini memperkuat kerangka TPACK [8] serta konsisten dengan literatur yang menempatkan kompetensi guru sebagai faktor penentu keberhasilan integrasi teknologi dalam pembelajaran [15], [16], [17]. Untuk memudahkan pembaca menautkan ringkasan numerik pada struktur model, hubungan mediasi tersebut divisualisasikan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Model Mediasi Kompetensi Guru Berbasis AI-TPACK

Diagram jalur menegaskan bahwa lintasan utama pengaruh implementasi AI terhadap hasil belajar bergerak melalui peningkatan AI-TPACK guru (jalur signifikan), sedangkan jalur langsung AI  $\rightarrow$  hasil belajar bersifat lemah dan tidak signifikan ketika mediator diperhitungkan. Dengan demikian, implikasi praktisnya jelas: efektivitas pembelajaran berbasis AI sangat bergantung pada kapasitas pedagogis guru dalam mengorkestrasi AI sebagai alat belajar, bukan sekadar pada adopsi teknologinya.

### 3.5 Pembahasan

Temuan penelitian ini memberikan bukti empiris yang kuat mengenai efektivitas implementasi pembelajaran berbasis kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dalam meningkatkan hasil belajar sekaligus mendukung pemerataan pendidikan, khususnya pada konteks sekolah rural. Kesetaraan kondisi awal antara kelompok intervensi dan kontrol memastikan bahwa perubahan capaian belajar yang terjadi selama periode penelitian dapat diatribusikan secara valid pada intervensi yang diterapkan, sehingga memperkuat validitas internal penelitian ini.

Peningkatan hasil belajar yang konsisten dan berkelanjutan pada kelompok yang menerapkan pembelajaran berbasis AI mengonfirmasi temuan penelitian sebelumnya yang menekankan potensi AI dalam mendukung pembelajaran adaptif dan personalisasi instruksi [1], [2], [18]. Namun demikian, hasil penelitian ini melampaui sebagian besar studi terdahulu yang bersifat jangka pendek dengan menunjukkan bahwa dampak positif AI dapat dipertahankan dalam jangka panjang ketika diintegrasikan dengan pengembangan profesional guru yang sistematis.

Selain peningkatan capaian akademik, penelitian ini juga menunjukkan adanya penurunan kesenjangan hasil belajar antar siswa dengan latar belakang sosial-ekonomi yang berbeda. Temuan ini memperkuat argumen bahwa AI tidak secara inheren memperlebar kesenjangan pendidikan, sebagaimana dikemukakan dalam literatur kritis [4], [19], [20]. Sebaliknya, ketika AI diimplementasikan melalui pendekatan pedagogis yang berorientasi pada diferensiasi pembelajaran dan umpan balik berbasis data, teknologi ini justru dapat berkontribusi terhadap pemerataan hasil belajar.

Peran sentral kompetensi guru berbasis AI-TPACK sebagai mediator antara pemanfaatan AI dan hasil belajar siswa menegaskan bahwa teknologi tidak memiliki dampak langsung tanpa dimediasi oleh kapasitas pedagogis guru. Temuan ini sejalan dengan kerangka *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) yang menempatkan integrasi teknologi, pedagogi, dan konten sebagai prasyarat utama efektivitas pembelajaran [8]. Hasil ini juga konsisten dengan penelitian yang menekankan bahwa perubahan praktik mengajar dan pengambilan keputusan pedagogis berbasis data merupakan faktor kunci dalam keberhasilan integrasi teknologi pendidikan [21], [22], [23], [24].

Dari perspektif teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan model AI-TPACK sebagai perluasan kerangka TPACK dalam konteks kecerdasan buatan. Model ini menempatkan guru sebagai aktor utama dalam menjembatani inovasi teknologi dan peningkatan kualitas serta pemerataan pendidikan. Secara metodologis, penggunaan desain *mixed-methods longitudinal* memberikan keunggulan dibandingkan studi potong lintang dengan memungkinkan pengamatan dinamika perubahan hasil belajar dan praktik pedagogis dalam jangka waktu yang lebih panjang.

Implikasi praktis dari temuan ini menunjukkan bahwa investasi pada teknologi AI tanpa diiringi dengan pengembangan kapasitas guru berpotensi menghasilkan dampak yang terbatas. Oleh karena itu, kebijakan implementasi AI dalam pendidikan perlu dirancang secara holistik dengan menempatkan pengembangan profesional guru sebagai komponen utama, sebagaimana direkomendasikan oleh lembaga internasional seperti UNESCO dan OECD [5], [14]. Pendekatan ini menjadi semakin relevan bagi konteks negara berkembang yang menghadapi keterbatasan infrastruktur dan sumber daya pendidikan.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menegaskan bahwa pembelajaran berbasis AI dapat berfungsi sebagai instrumen strategis untuk meningkatkan kualitas dan pemerataan pendidikan, khususnya di wilayah dengan keterbatasan sumber daya, asalkan diimplementasikan melalui kerangka pedagogis yang kuat dan berorientasi pada penguatan peran guru.

## 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi pembelajaran berbasis kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) yang diintegrasikan dengan pengembangan profesional guru berbasis AI-TPACK memberikan dampak positif yang signifikan dan berkelanjutan terhadap hasil belajar siswa serta pemerataan pendidikan di sekolah rural. Temuan ini menegaskan bahwa AI bukan sekadar instrumen teknologi, melainkan *enabler* pedagogis yang efektivitasnya sangat bergantung pada kapasitas guru dalam mengintegrasikan teknologi secara bermakna ke dalam proses pembelajaran.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan capaian akademik dan penurunan kesenjangan hasil belajar dapat dicapai ketika AI digunakan untuk mendukung pembelajaran adaptif, diferensiasi instruksi, dan pengambilan keputusan pedagogis berbasis data. Dengan demikian, penelitian ini menjawab permasalahan mengenai potensi AI dalam meningkatkan kualitas sekaligus pemerataan pendidikan, khususnya dalam konteks keterbatasan sumber daya yang selama ini kurang terwakili dalam literatur.

Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan model AI-TPACK sebagai perluasan kerangka TPACK, yang menempatkan guru sebagai aktor sentral dalam menjembatani inovasi teknologi dan peningkatan kualitas pembelajaran. Secara praktis, temuan ini mengimplikasikan bahwa kebijakan implementasi AI dalam pendidikan perlu dirancang secara holistik dengan menempatkan pengembangan profesional guru sebagai komponen utama, bukan sekadar penyediaan teknologi.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji implementasi pembelajaran berbasis AI pada jenjang pendidikan yang berbeda, mengintegrasikan variabel afektif dan motivasional siswa, serta mengeksplorasi dampak kebijakan dan tata kelola AI dalam pendidikan secara lebih luas. Pendekatan lintas konteks dan jangka waktu yang lebih panjang juga diperlukan untuk memperkuat generalisasi temuan dan memperdalam pemahaman mengenai peran AI dalam mendukung transformasi pendidikan yang berkeadilan.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. M. S. Arifin, W. Winarno, and S. Siswandari, "Kecerdasan buatan dalam pembelajaran: Tantangan dan peluang bagi pendidikan Indonesia," *J. Educ. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 145–158, 2021, doi: 10.35580/jest.v7i2.23876.
- [2] Zumhur Alamin and Randitha Missouri, "Efektivitas Platform Pembelajaran Berbasis AI dalam Pengajaran Pemrograman Dasar", *Pendiri: J. Riset Pendidik.*, vol. 1, no. 1, pp. 15–24, Dec. 2023, doi: 10.63866/pendiri.v1i1.46.
- [3] W. Holmes, M. Bialik, and C. Fadel, *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Boston, MA, USA: Center for Curriculum Redesign, 2019.
- [4] O. Zawacki-Richter, V. I. Marín, M. Bond, and F. Gouverneur, "Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Where are the educators?," *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 16, no. 1, p. 39, 2019, doi: 10.1186/s41239-019-0171-0.
- [5] N. Selwyn, *Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education*. Cambridge, UK: Polity Press, 2019.
- [6] Direktorat Jenderal Pendidikan Anak Usia Dini, Pendidikan Dasar, dan Pendidikan Menengah, *Laporan Infrastruktur Teknologi Informasi dan Komunikasi Sekolah Indonesia 2024*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Pendidikan, 2024.
- [7] E. Instefford and E. Munthe, "Educating digitally competent teachers: A study of integration of professional digital competence in teacher education," *Teaching and Teacher Education*, vol. 67, pp. 37–45, 2017, doi: 10.1016/j.tate.2017.05.016.
- [8] J. Zhang, Q. Zhao, and B. Rienties, "The effectiveness of artificial intelligence in education: A systematic review of learning outcomes and equity implications," *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 71, no. 2, pp. 467–492, 2023, doi: 10.1007/s11423-023-10205-6.
- [9] R. Luckin, *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. London, UK: Pearson Education, 2017.
- [10] F. Ouyang and P. Jiao, "Artificial intelligence in education: The three paradigms," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 2, p. 100020, 2021, doi: 10.1016/j.caeai.2021.100020.
- [11] M. S. Khine, Ed., *Applications of Big Data and Artificial Intelligence in Education*. Singapore: Springer, 2021.
- [12] G. L. Cohen, C. M. Steele, and D. C. Ross, "The mentor's dilemma: Providing critical feedback across the racial divide," *Pers. Soc. Psychol. Bull.*, vol. 25, no. 10, pp. 1302–1318, 1999, doi: 10.1177/0146167299258011.
- [13] P. Mishra and M. J. Koehler, "Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge," *Teach. Coll. Rec.*, vol. 108, no. 6, pp. 1017–1054, 2006, doi: 10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.
- [14] K. A. Lawless and J. W. Pellegrino, "Professional development in integrating technology into teaching and learning: Knowns, unknowns, and issues," *J. Teach. Educ.*, vol. 58, no. 4, pp. 302–312, 2007, doi: 10.1177/0022487107302576.
- [15] J. Tondeur, A. Forkosh-Baruch, S. Prestridge, P. Albion, and S. Edirisinghe, "Responding to challenges in teacher professional development for ICT integration in education," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 19, no. 3, pp. 110–120, 2016.
- [16] M. A. Chatti, A. L. Dyckhoff, U. Schroeder, and H. Thüs, "A reference model for learning analytics," *Int. J. Technol. Enhanced Learn.*, vol. 4, no. 5–6, pp. 318–331, 2012, doi: 10.1504/IJTEL.2012.051816.

- [17] S. Slade and P. Prinsloo, "Student perspectives on the use of learning analytics," *Bull. Sci. Technol. Soc.*, vol. 35, no. 1-2, pp. 13-25, 2015, doi: 10.1177/0270467615591735.
- [18] R. Luckin, *Machine Learning and Human Intelligence: The Future of Education for the 21st Century*. London, UK: UCL Institute of Education Press, 2018.
- [19] A. C. K. Ng, S. Kennedy, and P. Chan, "AI and education: The reality and promise of artificial intelligence in education," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 26, pp. 5503-5513, 2021, doi: 10.1007/s10639-021-10567-x.
- [20] J. Seo, "AI in the classroom: Teacher perceptions of artificially intelligent teaching assistants," *Educ. Inf. Technol.*, vol. 27, pp. 3011-3031, 2022, doi: 10.1007/s10639-021-10775-5.
- [21] B. Williamson, "Digital education governance: Data visualization, predictive analytics, and 'real-time' policy instruments," *J. Educ. Policy*, vol. 32, no. 2, pp. 120-145, 2017, doi: 10.1080/02680939.2016.1251611.
- [22] L. Y. Wang, Y. C. Wang, and D. Y. Su, "A review of artificial intelligence (AI) in education," in *Proc. 2023 2nd Int. Conf. Educational Research and Development (ICERD)*, 2023, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICERD58229.2023.10142287.
- [23] C.-L. Kulik and J. D. Fletcher, "Effectiveness of intelligent tutoring systems: A meta-analytic review," *Rev. Educ. Res.*, vol. 86, no. 1, pp. 42-78, 2016, doi: 10.3102/0034654315581420.
- [24] L. Chen, H. Xie, D. Zou, and G.-J. Hwang, "Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education: A systematic review," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 1, p. 100002, 2020, doi: 10.1016/j.caeai.2020.100002.