

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Era Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0 telah membawa transformasi fundamental dalam pendidikan global, di mana teknologi digital dan kecerdasan artifisial (KA) berkembang pesat dan menciptakan paradigma baru dalam pembelajaran yang menuntut integrasi teknologi sebagai bagian integral dari proses pendidikan (Schwab, 2016; UNESCO, 2023). Transformasi ini tidak hanya mengubah cara mengajar, tetapi juga mendefinisikan ulang kompetensi yang diperlukan guru untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan abad ke-21. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen, guru dituntut menguasai empat kompetensi utama yaitu kompetensi pedagogik, kepribadian, profesional, dan sosial, yang di era digital semakin menempatkan kompetensi pedagogik sebagai pusat karena berkaitan langsung dengan kemampuan merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran inovatif berbasis teknologi.

Di era digital, kompetensi pedagogik guru menjadi sangat krusial karena mencakup kemampuan merancang pembelajaran inovatif, mengintegrasikan teknologi dalam proses belajar mengajar, serta mengembangkan strategi pembelajaran yang adaptif dan berpusat pada siswa (Alkandari & Al Qattan, 2020). Kompetensi pedagogik digital tidak hanya berkaitan dengan kemampuan teknis mengoperasikan perangkat dan aplikasi, tetapi juga mencakup kemampuan mengintegrasikan pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten mata pelajaran secara utuh sebagaimana dirumuskan dalam kerangka *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK), sehingga teknologi digunakan untuk memperdalam pemahaman konsep, memfasilitasi kolaborasi, memberikan umpan balik formatif otomatis, serta mempersonalisasi pengalaman belajar peserta didik (Mishra & Koehler, 2006). Kerangka TPACK ini menjadi landasan konseptual penting bagi perencanaan dan pelaksanaan program pelatihan guru karena memberikan acuan dalam merumuskan profil kompetensi pedagogik digital yang hendak diperkuat melalui integrasi ketiga domain pengetahuan tersebut secara harmonis.

Studi komparatif menunjukkan bahwa negara-negara dengan tingkat literasi digital guru yang tinggi berhasil meningkatkan kualitas pendidikan melalui manajemen program pelatihan yang terstruktur dan berkelanjutan, seperti Singapura yang menekankan desain program pengembangan profesional berbasis kebutuhan guru, Finlandia yang mengembangkan pendekatan holistik terhadap kompetensi pedagogik digital, dan Korea Selatan yang mengintegrasikan KA secara sistematis dalam pengembangan profesional guru (Voogt & Roblin, 2012; Zhao et al., 2021). Temuan tersebut sejalan dengan Chang et al. (2024) yang melalui evaluasi Program Pendidikan Profesi Guru di Indonesia membuktikan bahwa kemampuan TPACK guru dapat meningkat melalui intervensi terstruktur, tetapi menekankan perlunya konsistensi dalam alat ukur dan keberlanjutan program untuk memperkuat kompetensi pedagogik digital guru. Model MOST (*Mentor–Observe–Support–Take action*) yang dikembangkan Suryawati et al. (2024) juga terbukti efektif dalam membangun kemampuan digital dan TPACK guru melalui pendekatan sistematis pengembangan profesional berkelanjutan yang mengombinasikan pendampingan, observasi praktik, dukungan berkelanjutan, dan tindak lanjut terencana, aspek yang sangat relevan dengan kebutuhan menjaga keberlanjutan hasil pelatihan pascaimplementasi.

Pada tataran regional ASEAN dan nasional, Indonesia menghadapi tantangan kompleks dalam transformasi digital pendidikan dengan indeks literasi digital yang masih berada pada kategori sedang dan tertinggal dari beberapa negara ASEAN (Kominfo, 2022). Tantangan ini diperkuat oleh fakta bahwa banyak guru belum sepenuhnya mampu mengintegrasikan kompetensi pedagogik digital dalam praktik pembelajaran sehari-hari karena keterbatasan kompetensi TPACK, ketidaksiapan infrastruktur, dan budaya sekolah yang belum sepenuhnya mendukung inovasi pembelajaran berbasis digital. Pemerintah Indonesia merespons tantangan tersebut melalui kebijakan strategis yang sejalan dengan Asta Cita keempat yang memprioritaskan penguatan sumber daya manusia melalui peningkatan kualitas pendidikan, sains, dan teknologi, termasuk pembentukan Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah (Kemendikdasmen) dengan program strategis yang berfokus pada penguatan pendidikan karakter, pemerataan

akses pendidikan, dan peningkatan kualitas sarana prasarana berbasis teknologi. Kondisi ini menunjukkan bahwa kendala dalam transformasi digital pendidikan bersifat multidimensi—menyangkut aspek psikologis, struktural, dan manajerial—sehingga memerlukan solusi yang terintegrasi dan responsif terhadap keragaman konteks lokal.

Peningkatan kompetensi pedagogik guru dalam bidang digitalisasi dan KA di Indonesia antara lain dilaksanakan melalui program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) yang diatur dalam Peraturan Direktur Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan Nomor 4141 Tahun 2023. Program PKB digitalisasi dirancang melalui tiga tahapan pembinaan, yaitu: informal melalui bimbingan kepala sekolah dalam penggunaan platform digital dan pengelolaan kelas virtual; semi-formal melalui kegiatan kolektif di Musyawarah Guru Mata Pelajaran (MGMP) yang berfokus pada berbagi praktik baik penggunaan teknologi dan pengembangan sumber belajar digital; serta formal melalui pelatihan di lembaga resmi seperti Balai Besar Guru dan Tenaga Kependidikan (BBGTK) atau Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK) yang menyediakan pelatihan intensif tentang integrasi digitalisasi dan KA dalam pembelajaran. Kerangka pelatihan tersebut menjadi semakin kuat apabila diintegrasikan dengan pendekatan pelatihan berbasis kompetensi (*competency-based training/CBT*) yang menekankan pencapaian kemampuan terukur, bukan sekadar pemenuhan jam pelatihan, di mana setiap program disusun dalam bentuk unit kompetensi dengan rumusan capaian pembelajaran yang spesifik, jelas, dan dapat diamati melalui unjuk kerja. Keterpaduan PKB, CBT, dan ekosistem digital seperti Platform Merdeka Mengajar memberikan kerangka operasional bagi perencanaan yang berbasis kebutuhan, pelaksanaan yang berorientasi praktik, serta evaluasi yang mengukur kompetensi nyata guru dalam konteks pembelajaran.

Dalam kerangka TPACK, pendekatan pelatihan berbasis kompetensi memungkinkan setiap dimensi pengetahuan—*technological*, *pedagogical*, dan *content*—diterjemahkan menjadi unit kompetensi yang eksplisit dan terukur, sehingga kompetensi pedagogik digital guru tidak lagi bersifat abstrak. Kompetensi pedagogik digital guru Matematika dan IPA dapat dirumuskan, antara lain, dalam

bentuk kemampuan merancang pengalaman belajar berpusat pada siswa dengan memanfaatkan platform digital, mengelola interaksi kelas sinkron dan asinkron, memilih dan mengadaptasi sumber belajar digital sesuai karakteristik materi MIPA, serta menggunakan data hasil asesmen digital untuk memperbaiki pembelajaran. Dalam konteks ini, TPACK berfungsi sebagai kerangka konseptual, CBT menyediakan mekanisme operasional untuk mengonversi kerangka tersebut menjadi standar kompetensi dan indikator unjuk kerja, model MOST memperkaya proses dengan pendampingan dan tindak lanjut sistematis, sementara siklus PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) menyediakan kerangka manajerial untuk menjamin bahwa program pelatihan direncanakan, dilaksanakan, dievaluasi, dan ditindaklanjuti secara berkelanjutan termasuk mengidentifikasi kendala dan merumuskan solusi di setiap siklus perbaikan.

Pembelajaran Matematika dan IPA memiliki karakteristik khusus yang sangat sesuai dengan pemanfaatan teknologi digital dan KA karena memerlukan visualisasi konsep abstrak, eksperimen virtual, dan simulasi fenomena alam yang dapat diperkaya dengan teknologi seperti *Virtual Reality* (VR), *Augmented Reality* (AR), aplikasi simulasi, dan platform pembelajaran adaptif berbasis KA (Akçayır & Akçayır, 2017; Merchant et al., 2014). Guru Matematika dan IPA dengan kompetensi pedagogik digital yang kuat mampu merancang pengalaman belajar yang mengintegrasikan alat dan sumber digital untuk mendorong belajar dan kreativitas siswa secara optimal, sehingga integrasi teknologi tidak berhenti pada penggunaan media, tetapi benar-benar mengubah cara siswa memahami konsep dan memecahkan masalah. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa strategi pengembangan profesional yang efektif dalam konteks ini mencakup pelatihan teknologi berbasis praktik yang terencana, kolaborasi antarguru dalam komunitas belajar profesional sebagai tindak lanjut pelatihan, serta dukungan institusional melalui kebijakan berbasis digital yang berkelanjutan untuk mengatasi berbagai kendala implementasi.

Pada konteks Kabupaten Cianjur, implementasi model pengembangan profesional guru berbasis teknologi digital dan KA menghadapi tantangan terkait dengan kesenjangan infrastruktur, keterbatasan keterampilan teknis, dan kurangnya

dukungan berkelanjutan, terutama di daerah dengan keberagaman geografis dan sosio-ekonomi yang tinggi. Kabupaten Cianjur sebagai salah satu daerah dengan potensi pendidikan besar di Jawa Barat memiliki 147 Sekolah Menengah Pertama Negeri yang tersebar di 32 kecamatan dengan lebih dari 2.800 guru Matematika dan IPA, sehingga keberagaman geografis dari sekolah perkotaan hingga pedesaan menciptakan kesenjangan infrastruktur teknologi dan akses internet yang cukup besar. Hasil survei tingkat kabupaten menunjukkan bahwa mayoritas guru masih mengalami kesulitan dalam mengintegrasikan teknologi dan materi digital dalam pembelajaran sehari-hari, hanya sebagian kecil yang memanfaatkan sumber daya digital secara efektif, dan pemahaman tentang KA dalam pendidikan masih terbatas di kalangan guru Matematika dan IPA. Kondisi ini mengindikasikan bahwa aspek perencanaan program pelatihan yang meliputi analisis kebutuhan, penjadwalan, dan alokasi sumber daya perlu dirancang secara kontekstual, sementara kendala berupa resistansi guru, keterbatasan infrastruktur, variasi kompetensi peserta, serta kurangnya kesesuaian materi dengan konteks lokal perlu diidentifikasi secara sistematis agar dapat dirumuskan solusi yang adaptif.

Untuk memahami lebih mendalam fenomena kesenjangan antara kebijakan digitalisasi dan implementasi aktual di lapangan, studi pendahuluan dilakukan di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur yang merepresentasikan kondisi berbeda dalam hal aksesibilitas geografis dan infrastruktur teknologi. Di SMPN 1 Cipanas, meskipun sebagian besar guru Matematika dan IPA telah mengikuti pelatihan digitalisasi tingkat kabupaten sejak tahun 2023, hanya sebagian kecil yang secara konsisten mengintegrasikan teknologi digital dalam pembelajaran di kelas; analisis dokumen RPP menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar guru mencantumkan penggunaan teknologi dalam perencanaan, implementasi aktualnya pada tahap pelaksanaan masih terbatas dan menunjukkan rendahnya kemampuan pedagogik dalam mengintegrasikan teknologi secara bermakna. Di SMPN 2 Cianjur, dari enam guru Matematika dan IPA yang bertugas, hanya tiga guru yang pernah mencoba teknologi pembelajaran berbasis KA, dengan dua guru yang masih rutin menggunakannya setelah pelatihan selesai, sementara survei pendahuluan mengungkapkan bahwa sebagian guru baru sebatas mengetahui istilah KA atau

aplikasi seperti ChatGPT tetapi belum memahami cara integrasinya secara pedagogis dalam pembelajaran MIPA. Temuan awal ini mengindikasikan bahwa evaluasi capaian pelatihan belum optimal, tindak lanjut pascapelatihan belum memadai, dan kendala implementasi bersifat multidimensi sehingga memerlukan solusi yang komprehensif dan berkelanjutan.

Fenomena kesenjangan implementasi yang teridentifikasi di kedua sekolah tersebut merupakan cerminan dari tantangan yang lebih luas dalam konteks pendidikan digital di Indonesia. Kesenjangan digital dalam pendidikan tidak hanya menyangkut akses terhadap teknologi, tetapi juga berkaitan dengan kemampuan pedagogis guru dalam mengintegrasikan teknologi secara bermakna dan ketersediaan dukungan berkelanjutan setelah program pelatihan, termasuk model pelatihan berbasis kompetensi yang jelas dan mekanisme mentoring yang konsisten. Kondisi ini diperburuk oleh ketimpangan infrastruktur jaringan internet, perbedaan akses teknologi antara wilayah perkotaan dan pedesaan, serta terbatasnya pendampingan yang memungkinkan guru terus mengembangkan kompetensi pedagogik digital setelah pelatihan formal berakhir. Dengan demikian, kesenjangan yang ditemukan di Kabupaten Cianjur dapat dipandang sebagai manifestasi lokal dari tantangan struktural yang lebih luas dalam implementasi digitalisasi pendidikan di Indonesia, khususnya terkait transformasi kompetensi pedagogik digital guru, yang pada gilirannya menuntut kajian mendalam terhadap seluruh aspek manajemen program pelatihan mulai dari perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, tindak lanjut, hingga identifikasi kendala dan pengembangan solusi secara terintegrasi.

Meskipun berbagai penelitian telah mengeksplorasi aspek teknologi dalam pendidikan, masih terdapat sejumlah kesenjangan teoretis yang perlu dijawab. *Pertama*, banyak penelitian tentang digitalisasi pendidikan dilakukan di negara maju dengan infrastruktur teknologi yang memadai atau di kawasan perkotaan dengan akses internet yang stabil, sehingga belum memberikan gambaran memadai tentang bagaimana merencanakan dan mengelola program digitalisasi di daerah dengan keterbatasan infrastruktur dan keragaman geografis seperti Kabupaten Cianjur. *Kedua*, penelitian yang ada cenderung menyoroati aspek teknologi atau

pedagogi secara terpisah, tanpa mengkaji secara holistik keterkaitan antara perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, tindak lanjut, dan dukungan kelembagaan dalam manajemen program pelatihan yang berpengaruh terhadap penguatan kompetensi pedagogik digital guru. *Ketiga*, aspek keberlanjutan program digitalisasi masih menjadi titik lemah, karena bukti empiris tentang faktor-faktor yang memengaruhi keberlanjutan integrasi teknologi digital dalam pembelajaran pascapelatihan masih terbatas, termasuk bagaimana pendekatan berbasis kompetensi, model mentoring, dan siklus perbaikan berkelanjutan dapat dioptimalkan agar kendala yang muncul dapat diatasi melalui solusi adaptif sehingga perubahan praktik mengajar guru tetap bertahan dan berkembang dari waktu ke waktu.

Dalam konteks tersebut, pelatihan berbasis kompetensi yang dipadukan dengan kerangka TPACK dan pendekatan mentoring seperti MOST, serta dikelola dengan siklus PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), memberikan peluang pengembangan model manajemen program pelatihan yang lebih adaptif, terukur, dan berkelanjutan. TPACK berfungsi sebagai kerangka kompetensi inti yang hendak diperkuat, di mana integrasi pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten menjadi acuan dalam merumuskan profil kompetensi pedagogik digital guru Matematika dan IPA pada tahap perencanaan. Pendekatan CBT menjadi mekanisme operasional yang memastikan pelaksanaan pelatihan berorientasi pada penguasaan kompetensi melalui perumusan unit kompetensi dan asesmen berbasis unjuk kerja, sementara model MOST memperkaya proses dengan pendampingan, observasi praktik, dukungan, dan tindak lanjut yang sistematis. Siklus PDCA menyediakan kerangka manajerial untuk mengevaluasi pencapaian program secara objektif, mengidentifikasi kendala implementasi, dan merumuskan solusi perbaikan secara berkelanjutan, sehingga hasil pelatihan tidak berhenti pada peningkatan pengetahuan sesaat, tetapi benar-benar berkontribusi pada transformasi kompetensi pedagogik digital guru dalam praktik pembelajaran.

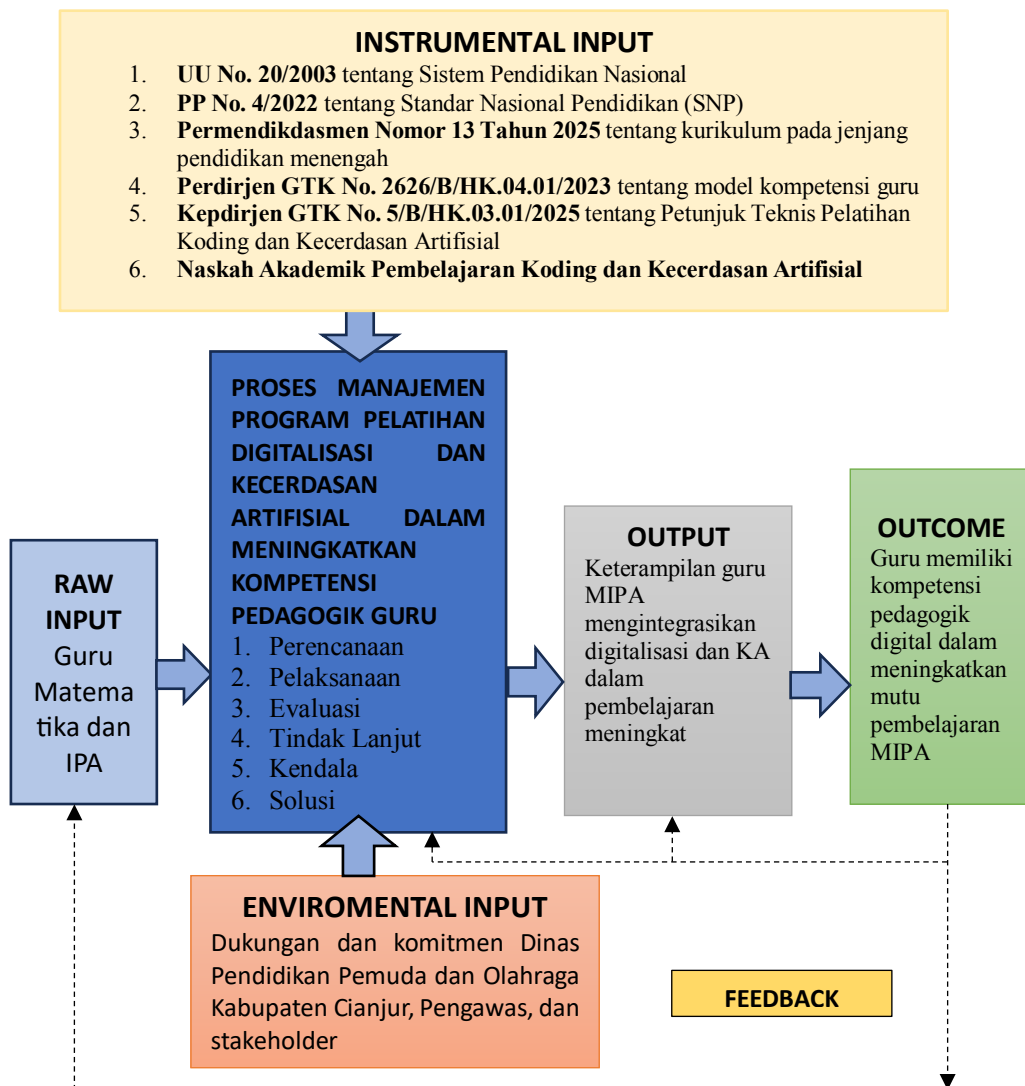
Berdasarkan konteks global, nasional, dan lokal, serta kesenjangan teoretis dan empiris tersebut, penelitian ini menjadi sangat penting karena Indonesia sebagai negara dengan jumlah guru terbanyak di ASEAN memerlukan model pengelolaan

pelatihan yang dapat diterapkan secara luas namun tetap responsif terhadap keragaman kondisi lokal untuk meningkatkan kompetensi pedagogik digital guru secara menyeluruh. Melalui studi kasus mendalam di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur yang memiliki karakteristik geografis dan infrastruktur berbeda, penelitian dengan judul "Manajemen Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Guru Matematika dan IPA (Studi Kasus di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur)" ini bertujuan menganalisis secara komprehensif enam aspek manajemen program pelatihan yang saling berkaitan dalam siklus PDCA, dipadu dengan kerangka TPACK (Mishra & Koehler, 2006), model MOST (Suryawati et al., 2024), pendekatan CBT, dan enam dimensi sistem nilai Sanusi (2017).

B. Perumusan Masalah dan Pembatasan Masalah

1. Perumusan Masalah

Era industri 4.0 dan society 5.0 menuntut guru matematika dan IPA untuk mampu mengintegrasikan teknologi digital dalam pembelajaran, namun kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa kompetensi pedagogik digital guru masih belum memadai. Oleh karena itu, perlu dikembangkan model pelatihan yang menganalisis permasalahan secara sistemik melalui komponen input, proses, output, dan outcome agar berdampak nyata terhadap peningkatan kualitas pembelajaran matematika dan IPA. Perumusan masalah penelitian ini digambarkan dalam bagan berikut.



Gambar 1.1 Perumusan Masalah

Penelitian ini digambarkan melalui Gambar 1.1 yang mengidentifikasi dimensi sistemik yang saling berkaitan, menggunakan pendekatan sistem yang menganalisis komponen *input*, proses, *output*, dan *outcome* untuk memberikan pemahaman komprehensif tentang kompleksitas permasalahan manajemen program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial bagi guru Matematika dan IPA (MIPA) di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur.

Raw Input menunjukkan guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur sebagai subjek utama yang menghadapi kesenjangan kompetensi pedagogik digital di era transformasi pendidikan, di mana kedua sekolah merepresentasikan kondisi berbeda dalam hal aksesibilitas geografis dan infrastruktur teknologi di Kabupaten Cianjur. Pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial menjadi kebutuhan mendesak mengingat rendahnya literasi digital guru, keterbatasan kemampuan mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran, serta tuntutan Kurikulum Merdeka, sementara studi pendahuluan mengungkapkan bahwa meskipun sebagian besar guru telah mengikuti pelatihan digitalisasi tingkat kabupaten, hanya sebagian kecil yang secara konsisten mengintegrasikan teknologi digital dan kecerdasan artifisial dalam pembelajaran di kelas.

Instrumental Input meliputi regulasi, kebijakan, dan perangkat penunjang yang menjadi landasan penyelenggaraan program, yaitu: (1) UU No. 20/2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional; (2) PP No. 57/2021 jo. PP No. 4/2022 tentang Standar Nasional Pendidikan; (3) UU No. 14/2005 tentang Guru dan Dosen; (4) Permendikbudristek No. 12/2024 tentang Kurikulum Merdeka; (5) Permendikdasmen No. 13/2025 tentang mata pelajaran Koding dan Kecerdasan Artifisial; (6) Perdirjen GTK No. 4141/2023 tentang Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan; (7) Permendiknas No. 16/2007 tentang Standar Kompetensi Guru; (8) Kurikulum Pelatihan berdasarkan Keputusan Dirjen GTK No. 5/B/HK.03.01/2025 yang mencakup elemen berpikir komputasional, literasi digital, algoritma pemrograman, analisis data, serta literasi dan etika

kecerdasan artifisial melalui pola *in-on-in*; (9) Sarana Prasarana meliputi laboratorium komputer, jaringan internet, perangkat keras dan lunak, serta LMS; dan (10) Pembiayaan Program bersumber dari APBN, APBD, BOS, dan/atau sumber lain yang sah sebagaimana diatur dalam Keputusan Dirjen GTK No. 5/B/HK.03.01/2025.

Proses merupakan komponen inti yang mentransformasikan berbagai *input* menjadi *output* dan *outcome* melalui implementasi manajemen program pelatihan yang mengintegrasikan empat kerangka utama, yaitu siklus PDCA (W. Edwards Deming) sebagai kerangka manajerial, TPACK (Mishra & Koehler, 2006) sebagai kerangka kompetensi inti, *Competency-Based Training*/CBT sebagai mekanisme operasional, dan model MOST (Suryawati et al., 2024) sebagai pendekatan pendampingan sistematis, yang mencakup enam tahapan saling berkaitan: (1) perencanaan (*Plan*) meliputi analisis kebutuhan dan penetapan tujuan materi pelatihan, penjadwalan dan alokasi sumber daya, koordinasi dan strategi penjadwalan, serta penyiapan fasilitator; (2) pelaksanaan (*Do*) mencakup sosialisasi program digitalisasi, format dan metodologi implementasi pelatihan, pemanfaatan teknologi dalam pelatihan, serta penerapan model TPACK (*Technology, Pedagogy, and Content Knowledge*); (3) evaluasi (*Check*) dilakukan melalui pemantauan kehadiran peserta pelatihan, penilaian kemampuan mengaplikasikan platform pembelajaran, serta kemampuan uji coba program; (4) tindak lanjut (*Act*) meliputi rapat pimpinan sekolah terkait Rencana Tindak Lanjut/RTL, penerapan hasil pelatihan, perubahan perilaku kerja, serta keberlanjutan program; (5) identifikasi kendala mencakup resistansi peserta, keterbatasan infrastruktur, keterbatasan waktu dan beban kerja, kurangnya pendampingan lanjutan, variasi kompetensi peserta, ketiadaan identifikasi kebutuhan sistematis, serta kurangnya kesesuaian materi dengan konteks lokal; dan (6) pengembangan solusi dilakukan melalui strategi motivasi, optimalisasi infrastruktur, manajemen waktu dan dukungan institusional, sistem pendampingan terstruktur, pendekatan diferensiasi dan pembelajaran

adaptif, analisis kebutuhan komprehensif, penyesuaian konteks lokal, serta kemitraan strategis dan *resource sharing*.

Environmental Input merupakan faktor lingkungan eksternal yang memengaruhi keberhasilan program, meliputi: (1) Disdikpora Kabupaten Cianjur sebagai penyelenggara dan pengambil kebijakan; (2) Pengawas Sekolah yang berperan dalam supervisi dan pembinaan profesional guru; serta (3) Stakeholder mencakup Komite Sekolah dan perguruan tinggi mitra.

Output yang diharapkan adalah keterampilan guru Matematika dan IPA dalam mengintegrasikan digitalisasi dan kecerdasan artifisial berbasis TPACK dalam pembelajaran meningkat, mencakup kemampuan teknis mengoperasikan platform digital (PhET, GeoGebra, ChatGPT, LMS), kemampuan pedagogik merancang pengalaman belajar berpusat pada siswa dengan memanfaatkan teknologi, serta kemampuan mengembangkan konten digital yang sesuai dengan karakteristik pembelajaran Matematika dan IPA. IPA.

Outcome dari pelaksanaan program ini adalah guru memiliki kompetensi pedagogik digital dalam pembelajaran MIPA secara berkelanjutan. Kompetensi pedagogik digital yang dimaksud merupakan kemampuan utuh guru dalam merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran inovatif berbasis teknologi sebagaimana dirumuskan dalam kerangka TPACK, yang secara konkret tercermin dari: (1) mutu pembelajaran MIPA yang meningkat melalui pemanfaatan teknologi digital dan kecerdasan artifisial secara bermakna; (2) literasi digital siswa yang berkembang sebagai dampak langsung dari transformasi praktik mengajar guru; serta (3) perubahan praktik mengajar guru yang berkelanjutan, dari pendekatan konvensional menuju pembelajaran berbasis teknologi yang berpusat pada siswa.

Feedback merupakan mekanisme evaluasi berkelanjutan berbasis siklus Kaizen (*Continuous Improvement*) yang menghubungkan *outcome* dengan seluruh komponen sistem melalui tiga arah panah umpan balik: (1) *Outcome* → *Output*, mengevaluasi keutuhan kompetensi yang terbentuk; (2)

Outcome → *Proses*, menginformasikan perbaikan tahapan pelatihan berdasarkan data capaian aktual; dan (3) *Outcome* → *Raw Input*, memperbarui profil kebutuhan pelatihan guru berdasarkan kesenjangan kompetensi. Data dikumpulkan dari refleksi guru, supervisi pengawas, dan monitoring Disdikpora Kabupaten Cianjur untuk memastikan program terus beradaptasi dengan kebutuhan kontekstual dan perkembangan teknologi pendidikan.

2. Pembatasan Masalah

Mengingat banyaknya permasalahan maka penelitian disertasi ini dibatasi berbagai aspek, yaitu:

- a. Perencanaan Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur meliputi:
 - 1) Analisis kebutuhan dan penetapan tujuan materi pelatihan
 - 2) Penjadwalan dan alokasi sumberdaya
 - 3) Koordinasi dan strategi penjadwalan
 - 4) Fasilitator
- b. Pelaksanaan Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur meliputi:
 - 1) Sosialisasi program digitalisasi
 - 2) Format dan metodologi implementasi pelatihan
 - 3) pemanfaatan teknologi dalam pelatihan
 - 4) penerapan model TPACK (*Technology, pedagogy. and content knowledge*)
- c. Evaluasi Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur meliputi:
 - 1) Kehadiran peserta pelatihan
 - 2) Kemampuan mengaplikasikan platform pembelajaran

- 3) Kemampuan ujicoba program
- d. Tindak Lanjut Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur meliputi:
 - 1) Rapat pimpinan sekolah terkait RTL
 - 2) Penerapan hasil pelatihan
 - 3) Perubahan perilaku kerja
 - 4) Keberlanjutan program
- e. Kendala Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur meliputi:
 - 1) Resistansi Peserta
 - 2) Keterbatasan Infrastruktur
 - 3) Keterbatasan waktu dan beban kerja
 - 4) Kurangnya pendampingan lanjutan
 - 5) Variasi kompetensi peserta
 - 6) Ketiadaan Identifikasi Kebutuhan Sistematis
 - 7) Kurangnya Kesesuaian Materi dengan Konteks Lokal
- f. Solusi Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur meliputi:
 - 1) Strategi Motivasi
 - 2) Optimalisasi Infrastruktur
 - 3) Manajemen Waktu dan Dukungan Institusional
 - 4) Sistem Pendampingan Terstruktur
 - 5) Pendekatan Differensiasi dan Pembelajaran Adaptif
 - 6) Analisis Kebutuhan Komprehensif
 - 7) Penyesuaian Konteks Lokal
 - 8) Kemitraan Strategis dan *Resource Sharing*

C. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1. Tujuan Penelitian

a. Tujuan umum

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mendapatkan gambaran dan menganalisis manajemen program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA di Kabupaten Cianjur.

b. Tujuan khusus

Tujuan khusus penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan dan menganalisis:

- 1) Perencanaan program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur.
- 2) Pelaksanaan program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur.
- 3) Evaluasi program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur.
- 4) Tindak lanjut program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur.
- 5) Kendala program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur.
- 6) Solusi program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur.

2. Manfaat Penelitian

a. Manfaat Teoritis:

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan teori-teori pendidikan, khususnya mengenai integrasi teknologi digital dan kecerdasan artifisial dalam pembelajaran di daerah dengan fasilitas terbatas. Penelitian ini juga dapat memperkaya pemahaman tentang manajemen program pelatihan digital bagi guru dengan menggunakan pendekatan perbaikan berkelanjutan, serta teori literasi digital yang relevan dengan konteks pendidikan Indonesia.

b. Manfaat Praktis:

1) Bagi Dinas Pendidikan

Penelitian ini memberikan rekomendasi dalam pengembangan kebijakan pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial di tingkat kabupaten. Membantu dinas pendidikan untuk merancang program pelatihan yang lebih efektif dan berkelanjutan dengan mempertimbangkan masalah yang ada, yaitu banyak guru sudah dilatih tapi belum bisa menerapkan di kelas. Penelitian ini juga mendorong pemerataan kualitas pendidikan berbasis teknologi di seluruh wilayah Cianjur yang memiliki kondisi geografis beragam.

2) Bagi Sekolah

Penelitian ini akan memberikan model pelatihan yang lebih tepat dan sesuai dengan kebutuhan sekolah masing-masing. Meningkatkan kemampuan guru Matematika dan IPA dalam menggunakan teknologi untuk mengajar, mengingat saat ini masih banyak guru yang kesulitan. Penelitian ini juga membantu sekolah mencapai tujuan kurikulum yang mengharuskan penggunaan teknologi dalam pembelajaran.

3) Bagi Guru Matematika dan IPA

Guru Matematika dan IPA akan memperoleh pelatihan yang meningkatkan keterampilan mereka dalam menggunakan teknologi dan kecerdasan artifisial untuk pembelajaran. Guru dapat menerapkan metode pengajaran yang lebih efektif melalui pemanfaatan aplikasi dan simulasi digital. Hal ini akan berdampak pada peningkatan kualitas pembelajaran siswa dalam memahami konsep Matematika dan IPA serta meningkatkan literasi digital mereka.

4) Bagi peneliti selanjutnya

Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam literatur tentang penggunaan teknologi pendidikan di daerah dengan fasilitas terbatas. Penelitian ini menawarkan wawasan baru dalam pengelolaan pelatihan digital di sekolah-sekolah daerah yang dapat dijadikan dasar untuk penelitian selanjutnya di sekolah lain di Kabupaten Cianjur atau daerah lain yang kondisinya serupa.

D. Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana perencanaan program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur?
2. Bagaimana pelaksanaan program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur?
3. Bagaimana evaluasi program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur?
4. Bagaimana tindak lanjut program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur?

5. Apa kendala program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur?
6. Bagaimana solusi program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial dalam meningkatkan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur?