

BAB V

KESIMPULAN, SARAN DAN REKOMENDASI

1. SIMPULAN

a. Simpulan Umum

Manajemen program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial bagi guru Matematika dan IPA di Kabupaten Cianjur yang memadukan siklus PDCA, kerangka TPACK, MOST, pelatihan berbasis kompetensi (CBT), kebijakan PKB digitalisasi, dan enam sistem nilai Ahmad Sanusi terbukti mampu meningkatkan kompetensi pedagogik digital guru serta menggerakkan perubahan praktik pembelajaran dari pola ceramah konvensional menuju pembelajaran interaktif berbasis teknologi. Guru di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur mulai mampu merancang RPP, media interaktif, dan proyek pembelajaran MIPA berbasis platform digital serta kecerdasan artifisial yang lebih terstruktur dan berpusat pada siswa, sekaligus membangun embrio ekosistem belajar profesional melalui komunitas guru digital dan tim pelatih internal, meskipun tingkat integrasi TPACK masih beragam antarguru dan antarsekolah.

Namun demikian, keterbatasan infrastruktur TIK, koneksi internet yang belum stabil, ketimpangan akses perangkat, techno-anxiety, serta belum meratanya pendampingan pascapelatihan menunjukkan bahwa transformasi digital pembelajaran masih menghadapi hambatan struktural, psikologis, dan manajerial. Oleh karena itu, program pelatihan berbasis PDCA–TPACK–MOST–CBT dan enam sistem nilai dapat dipandang efektif sebagai landasan penguatan kompetensi pedagogik digital guru MIPA, namun tetap memerlukan penguatan pemerataan dukungan, optimalisasi infrastruktur, standarisasi asesmen kompetensi, dan penataan pendampingan berkelanjutan agar transformasi pembelajaran digital mengakar dan meluas ke seluruh satuan pendidikan di Kabupaten Cianjur.

2. Simpulan Khusus

a. Perencanaan Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Guru MIPA

Perencanaan program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial bagi guru Matematika dan IPA disusun dengan mengacu pada kebijakan nasional dan daerah, hasil studi pendahuluan, survei kompetensi digital, pre-test, dan pengalaman pembelajaran jarak jauh, kemudian dipertegas melalui pemetaan klaster 32 kecamatan berdasarkan kondisi infrastruktur dan akses teknologi. Tujuan program difokuskan pada penguatan literasi digital dasar, keterampilan mengoperasikan dan memanfaatkan berbagai aplikasi pembelajaran, pengembangan TPACK sebagai kerangka integrasi teknologi-pedagogi-konten, serta pengenalan pemanfaatan kecerdasan artifisial dalam pembelajaran MIPA, dengan skema pelatihan berjenjang 24 jam dan 40 jam sesuai kesiapan guru. Namun, analisis kebutuhan dan penetapan tujuan belum sepenuhnya partisipatif, karena tidak semua guru terlibat langsung dalam proses perumusan, sehingga sebagian masih memposisikan diri sebagai penerima program, bukan sebagai mitra aktif dalam merancang pelatihan yang sesuai kebutuhan konteks kelas dan sekolahnya.

b. Pelaksanaan Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Guru MIPA

Pelaksanaan program pelatihan di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur menerjemahkan desain berbasis PDCA, TPACK, MOST, dan CBT ke dalam praktik melalui model IN–ON–IN, praktik langsung, simulasi bertahap, dan pendampingan sejawat yang sistematis. Sosialisasi yang didukung kepemimpinan sekolah, disertai pemanfaatan Google Classroom, Google Form, berbagai simulasi MIPA seperti PhET dan GeoGebra, aplikasi 3D, dan platform kecerdasan artifisial dalam microteaching serta tugas proyek, mendorong pergeseran pembelajaran dari ceramah dan papan tulis menuju pembelajaran yang lebih interaktif,

kontekstual, dan berpusat pada siswa. Capaian pelaksanaan menunjukkan bahwa sebagian guru telah mampu memadukan teknologi dengan langkah-langkah pedagogis dan karakteristik konten secara lebih seimbang, sementara sebagian lain masih menempatkan teknologi terutama sebagai alat bantu presentasi tanpa perubahan mendasar pada strategi pembelajaran, sehingga diperlukan pendampingan yang lebih diferensiatif sesuai tingkat penguasaan TPACK masing-masing guru. utuh.

c. Evaluasi Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Guru MIPA

Evaluasi program pelatihan dilakukan melalui pre-test dan post-test kompetensi digital, observasi kelas, serta penilaian produk pembelajaran (RPP, media, dan proyek digital) yang menunjukkan adanya peningkatan penguasaan platform digital, pemahaman kerangka TPACK, dan kemampuan merancang pembelajaran MIPA berbasis teknologi secara lebih sistematis. Di kelas-kelas MIPA, guru mulai memanfaatkan Google Classroom dan Google Form untuk pengelolaan tugas dan asesmen, PhET, GeoGebra, dan aplikasi 3D untuk memvisualisasikan konsep abstrak, serta video, simulasi, dan proyek berbasis coding dan kecerdasan artifisial untuk melatih pemikiran komputasional dan keterampilan abad ke-21 siswa, yang berdampak pada meningkatnya keterlibatan, partisipasi, dan kemudahan pemahaman konsep yang sebelumnya dianggap sulit. Meski demikian, hasil observasi TPACK menunjukkan bahwa tingkat integrasi teknologi, pedagogi, dan konten masih beragam, dan sistem evaluasi yang ada belum sepenuhnya didukung oleh standar kompetensi digital dan instrumen asesmen yang baku, sehingga pemantauan capaian kompetensi pedagogik digital guru serta tindak lanjut perbaikan masih perlu diperkokoh.

d. Tindak Lanjut Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Guru MIPA

Tindak lanjut program di tingkat sekolah dan kabupaten berkembang dalam bentuk ekosistem belajar profesional yang dinamis, meskipun bentuk dan kekuatannya berbeda antar satuan pendidikan. Di SMPN 1 Cipanas, tindak lanjut lebih banyak dilakukan melalui mekanisme informal namun rutin, seperti sesi berbagi praktik baik dalam rapat guru, mini-workshop internal, diskusi santai antar guru MIPA, pemanfaatan grup WhatsApp untuk berbagi materi dan memecahkan masalah teknis, serta prioritas penggunaan laboratorium komputer untuk pembelajaran digital. Di SMPN 2 Cianjur, tindak lanjut lebih terstruktur dengan pembentukan Komunitas Guru Digital dan kecerdasan artifisial yang mengadakan pertemuan rutin luring dan daring untuk menyelaraskan implementasi, berbagi sumber belajar, dan merumuskan strategi menghadapi keterbatasan infrastruktur. Pada tingkat kabupaten, MGMP MIPA berfungsi sebagai simpul penghubung antar sekolah untuk koordinasi, diseminasi hasil pelatihan, dan pengembangan repositori digital bersama, sementara Dinas Pendidikan memperkuat keberlanjutan melalui pembentukan tim pelatih internal, penerapan pola pelatihan berjenjang, dan pengaturan monitoring yang lebih sistematis, meskipun intensitas pendampingan pascapelatihan belum sepenuhnya merata di semua sekolah.

e. Kendala Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Guru Matematika dan IPA

Kendala pelaksanaan program dapat dipetakan dalam tiga kategori utama: psikologis, struktural, dan manajerial. Secara psikologis, sebagian guru mengalami resistensi awal dan techno-anxiety, merasa gagap teknologi, serta khawatir salah di depan siswa, sehingga ragu bereksperimen dengan perangkat dan aplikasi baru; kesenjangan kemampuan digital antarguru turut menimbulkan dinamika yang tidak

selalu kondusif bila tidak dikelola secara empatik. Secara struktural, keterbatasan infrastruktur TIK menjadi kendala signifikan, meliputi rasio komputer–siswa yang tidak ideal, koneksi internet tidak stabil, jangkauan WiFi belum merata, proyektor terbatas, serta kebijakan pelarangan gawai yang menghambat pendekatan BYOD, sehingga guru yang sudah kompeten pun kesulitan mengimplementasikan pembelajaran digital secara konsisten. Secara manajerial, beban kerja guru yang tinggi, pendampingan pascapelatihan yang belum merata, analisis kebutuhan awal yang belum sepenuhnya partisipatif, ketiadaan standar kompetensi digital yang baku, serta penilaian keberhasilan yang masih berfokus pada kehadiran menyebabkan rasa memiliki terhadap program dan pengakuan atas pencapaian kompetensi belum terbangun secara kuat dan berkelanjutan.

f. Solusi Program Pelatihan Digitalisasi dan Kecerdasan Artifisial dalam Meningkatkan Kompetensi Guru Matematika dan IPA

Solusi yang dikembangkan dalam program pelatihan dirancang selaras dengan tiga kelompok kendala utama, sehingga tidak hanya memperkuat kompetensi pedagogik digital guru tetapi juga merespons langsung hambatan di lapangan. Pada aspek psikologis, solusi meliputi penguatan pendampingan sejawat (*buddy system*), pembelajaran berjenjang, pemberian ruang latihan yang aman untuk mencoba teknologi, serta penjadwalan pelatihan yang lebih fleksibel agar guru memiliki waktu berlatih tanpa terbebani tugas mengajar. Pada aspek struktural, solusi dikembangkan melalui pemanfaatan konten pembelajaran luring, sistem berbagi perangkat dan penggunaan perangkat pribadi secara terkontrol, pengaturan prioritas penggunaan laboratorium komputer, pembelajaran berkelompok dengan satu perangkat untuk beberapa siswa, pemetaan infrastruktur per klaster wilayah, serta pengembangan komunitas guru digital dan pelatih internal tingkat kabupaten yang dapat saling berbagi sumber daya dan praktik baik. Pada aspek manajerial, solusi mencakup

penguatan pola pelatihan berjenjang, perencanaan pendampingan pascapelatihan yang lebih sistematis, pengembangan asesmen berbasis portofolio produk pembelajaran digital, serta rencana pembentukan asesor internal untuk verifikasi kompetensi secara berkelanjutan di tingkat sekolah dan MGMP, sehingga capaian kompetensi guru dapat dipantau secara lebih akurat dan diakui secara formal, meskipun standar kompetensi digital guru dan mekanisme asesmen masih perlu terus disempurnakan.

g. Mengintegrasikan nilai-nilai teologis, etis, estetis, logis, fisik-fisiologis, dan teleologis

Implementasi program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial bagi guru Matematika dan IPA di SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur berlangsung dalam bingkai enam sistem nilai Sanusi. Nilai teologis tampak ketika guru memaknai pelatihan sebagai amanah profesi dan bagian dari perintah menuntut ilmu sepanjang hayat. Nilai etis tercermin dalam kebijakan yang berorientasi keadilan melalui pengelompokan klaster berdasarkan kesiapan infrastruktur dan pemberian akses pelatihan bagi sekolah dengan kondisi berbeda, meskipun pemerataan pendampingan lanjutan masih perlu diperkuat. Nilai estetis hadir dalam pengembangan media pembelajaran digital yang menarik dan interaktif, memudahkan siswa memahami konsep abstrak MIPA melalui visualisasi dan simulasi.

Nilai logis tampak dalam struktur program yang memadukan pola IN–ON–IN, kerangka TPACK, MOST, CBT, dan siklus PDCA, didukung data peningkatan hasil evaluasi dan pergeseran dari metode ceramah menuju pembelajaran interaktif berbasis teknologi. Nilai fisik-fisiologis sejalan dengan penyesuaian terhadap keterbatasan perangkat, ketidakstabilan jaringan, dan beban kerja guru melalui pengembangan konten luring, berbagi perangkat, serta pendampingan sejawat yang mengurangi kecemasan teknologi. Nilai teleologis tampak dalam perumusan tujuan program yang tidak hanya berfokus pada keterampilan teknis, tetapi juga pada pembentukan ekosistem pembelajaran MIPA berbasis kecerdasan

artifisial yang manusiawi, terukur, dan berorientasi jangka panjang. Keterpaduan keenam dimensi nilai ini menegaskan bahwa manajemen program pelatihan tidak hanya meningkatkan kompetensi pedagogik digital guru, tetapi juga mengarahkan transformasi pembelajaran yang berakar pada nilai, berpijak pada realitas, dan berorientasi pada keberlanjutan.

B. Rekomendasi

Berdasarkan simpulan hasil penelitian, direkomendasikan hal-hal sebagai berikut.

1. Bagi Dinas Pendidikan Kabupaten Cianjur
 - a. Pemetaan kompetensi digital guru MIPA perlu dilakukan secara berkala sebagai dasar perencanaan program pelatihan.
 - b. Anggaran tetap dalam APBD pendidikan perlu dialokasikan untuk menjamin keberlangsungan program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial bagi guru MIPA.
 - c. Pengadaan perangkat TIK dan perluasan akses internet perlu dipercepat secara bertahap, khususnya di wilayah pegunungan, melalui kerja sama dengan pihak swasta.
 - d. Tim Penguatan Digitalisasi Pendidikan tingkat kabupaten perlu dibentuk dengan melibatkan unsur guru, kepala sekolah, pengawas sekolah, komite sekolah, dan dunia usaha.
2. Bagi Sekolah
 - a. Tim pendamping digital internal sekolah perlu dibentuk untuk membantu guru mengimplementasikan hasil pelatihan ke dalam pembelajaran di kelas.
 - b. Waktu khusus secara berkala perlu disediakan bagi komunitas belajar guru MIPA untuk berbagi praktik baik dan mengembangkan perangkat pembelajaran berbasis teknologi.
 - c. *Repository* digital sekolah perlu dikembangkan sebagai bank media pembelajaran dan dokumentasi praktik baik yang dapat diakses seluruh guru.

- d. Pengawas sekolah perlu dilibatkan dalam memantau penerapan hasil pelatihan, serta kerja sama dengan komite sekolah perlu dijalin untuk mendukung ketersediaan sarana teknologi.

3. Bagi Guru Matematika dan IPA

- a. Guru perlu mengikuti program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial secara berkelanjutan serta aktif dalam kegiatan MGMP MIPA dan komunitas guru digital.
- b. Guru perlu menerapkan strategi penguasaan teknologi secara bertahap dengan menguasai satu aplikasi secara mendalam terlebih dahulu sebelum beralih ke aplikasi lainnya.
- c. Kelompok belajar sesama guru MIPA perlu dibentuk melalui mekanisme pendampingan sejawat untuk saling mendukung dalam mengintegrasikan teknologi di kelas.
- d. Penelitian tindakan kelas tentang dampak penggunaan teknologi digital dan kecerdasan artifisial terhadap proses serta hasil belajar siswa perlu dilakukan sebagai bahan refleksi dan pengembangan profesional.

4. Bagi Peneliti Selanjutnya

- a. Studi longitudinal perlu dilakukan untuk mengukur dampak jangka panjang program pelatihan terhadap kompetensi pedagogik guru MIPA dan hasil belajar siswa.
- b. Penelitian komparatif dengan kabupaten/kota lain perlu dikembangkan untuk mengidentifikasi praktik terbaik pengelolaan program pelatihan.
- c. Aspek efektivitas biaya program pelatihan digitalisasi di daerah dengan keterbatasan infrastruktur perlu diteliti sebagai dasar rekomendasi kebijakan.
- d. Integrasi 6 Sistem Nilai Sanusi dalam desain program pelatihan guru di era digital perlu dikaji lebih mendalam.

C. Produk Penelitian

1. **Judul** “Model ADAPTIF-CERDAS untuk Peningkatan Kompetensi Pedagogik Digital Guru Matematika dan IPA di Kabupaten Cianjur”
2. **Latar Belakang**

Program digitalisasi pendidikan di Indonesia, termasuk Kabupaten Cianjur, menghadapi tantangan akibat perbedaan kondisi wilayah, infrastruktur, dan kompetensi guru. Penelitian ini mengungkap kesenjangan nyata antara sekolah dengan akses internet memadai dan sekolah di daerah pegunungan yang menghadapi jaringan tidak stabil serta variasi kompetensi digital guru. Program pelatihan selama ini cenderung dirancang seragam tanpa mempertimbangkan konteks lokal, sehingga berisiko memperlebar kesenjangan digital antarsekolah dan antarguru.

Untuk menjawab tantangan tersebut, penelitian ini mengembangkan kerangka ADAPTIF-CERDAS sebagai model manajemen pelatihan yang fleksibel, kontekstual, dan selaras dengan kebijakan nasional. Kerangka ini mengadopsi pendekatan pelatihan berbasis kompetensi dengan mengacu pada TPACK, DigCompEdu, dan standar kompetensi guru, sehingga pelatihan berfokus pada pencapaian profil kompetensi digital yang konkret seperti kemampuan merancang RPP digital, mengintegrasikan simulasi MIPA, menyusun penilaian daring, dan mengembangkan proyek berbasis kecerdasan artifisial.

Kerangka ADAPTIF-CERDAS mengintegrasikan lima dimensi nilai Sanusi sebagai landasan operasional: nilai teologis menjadikan pemanfaatan teknologi sebagai amanah profesi; nilai etis menekankan keadilan akses melalui diferensiasi level kompetensi dan pendampingan sejawat; nilai logis mendorong perencanaan sistematis berbasis siklus PDCA dan indikator TPACK; nilai fisik-fisiologis mengarahkan penyesuaian desain dengan keterbatasan perangkat dan beban kerja guru; serta nilai teleologis memberikan orientasi transformasi pembelajaran MIPA berbasis digital yang berkelanjutan.

Dengan landasan tersebut, kerangka ADAPTIF-CERDAS diposisikan sebagai instrumen transformasi moral, intelektual, dan profesional yang mengarahkan guru MIPA menjadi agen perubahan dengan kompetensi pedagogik digital terukur, sikap etis, sensitivitas kontekstual, serta komitmen terhadap pembelajaran berbasis teknologi yang humanis dan inklusif.

3. Tujuan Sistem

Framework ADAPTIF-CERDAS disusun untuk:

- a. Menyediakan model pelatihan yang fleksibel dan kontekstual sesuai kondisi tiap kecamatan dan sekolah di Kabupaten Cianjur, dengan mempertimbangkan variasi infrastruktur, kesiapan guru, dan dukungan manajerial.
- b. Meningkatkan kemampuan digital dan kompetensi pedagogik guru Matematika dan IPA secara terukur melalui pendekatan pelatihan berbasis kompetensi yang mengacu pada kerangka TPACK, DigCompEdu, dan standar kompetensi guru nasional.
- c. Mengurangi kesenjangan digital antarsekolah melalui strategi diferensiasi pelatihan berbasis zonasi teknologi dan dukungan infrastruktur yang disesuaikan dengan konteks lokal
- d. Memastikan keberlanjutan program pelatihan dengan melibatkan dinas pendidikan, MGMP, sekolah, komunitas guru, dan mitra eksternal, serta memanfaatkan berbagai sumber pendanaan dan skema kemitraan yang relevan. Keberlanjutan ini diperkuat melalui pendekatan pelatihan berbasis kompetensi dengan sistem sertifikasi bertahap dan portofolio digital guru sebagai bagian dari pengembangan karier profesional.
- e. Mewujudkan lingkungan belajar yang inklusif, di mana seluruh guru Matematika dan IPA, baik yang sudah mahir maupun yang semula gagap teknologi, mendapat kesempatan berkembang melalui pelatihan berjenjang berbasis kompetensi, pendampingan sejawat model MOST, dan komunitas belajar profesional. Pendekatan ini menyediakan jalur pengembangan yang dipersonalisasi sesuai kecepatan dan kapasitas masing-masing guru dari level dasar menuju lanjut.

4. Landasan Sistem

a. Landasan Regulasi

- 1) Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen yang mewajibkan pengembangan kompetensi guru secara berkelanjutan melalui pendidikan dan pelatihan, serta pengembangan keprofesian berkelanjutan.
- 2) Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 26 Tahun 2024 tentang Standar Nasional Pendidikan yang memuat standar kompetensi guru dalam pemanfaatan teknologi pembelajaran digital.
- 3) Keputusan Direktur Jenderal Pendidikan Vokasi Nomor 5/B/HK.03.01/2025 tentang Petunjuk Teknis Pelatihan Koding dan Kecerdasan Artifisial yang menetapkan standar pelatihan komprehensif untuk integrasi teknologi pembelajaran.
- 4) Rencana Strategis Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Tahun 2025–2029 yang menargetkan percepatan transformasi digital pendidikan dan peningkatan kompetensi digital guru untuk mendukung pembelajaran abad ke-21.

b. Landasan Sistem Nilai

- 1) Model pelatihan yang fleksibel dan kontekstual mencerminkan nilai logis (berbasis data pemetaan) dan fisik-fisiologis (sesuai kondisi infrastruktur dan beban guru).
- 2) Peningkatan signifikan kompetensi digital dan pedagogik guru menggambarkan nilai teleologis, dengan indikator yang jelas dan terukur melalui penguasaan TPACK dan praktik pembelajaran digital.

- 3) Pengurangan kesenjangan digital antarsekolah merupakan wujud nilai etis, melalui diferensiasi pelatihan berbasis zonasi teknologi dan dukungan infrastruktur.
- 4) Keberlanjutan program melalui kolaborasi dinas, MGMP, sekolah, komunitas, dan mitra eksternal mencerminkan nilai teleologis (keberlanjutan dan efektivitas) sekaligus etis (tanggung jawab kolektif).
- 5) Lingkungan belajar yang inklusif bagi guru mahir maupun guru yang masih gagap teknologi mengintegrasikan nilai teologis (hak semua guru untuk berkembang) dan etis (keadilan, kepedulian, dan pendampingan sejawat). Dengan demikian, seluruh tujuan sistem merupakan konkretisasi langsung dari lima nilai Sanusi dalam manajemen program pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial.

c. Landasan Konseptual

- 1) Model TPACK: Mengintegrasikan teknologi, pedagogi, dan konten pembelajaran MIPA sebagaimana telah digunakan dalam pelatihan di Kabupaten Cianjur untuk menilai dan menguatkan kompetensi guru.
- 2) Pelatihan Berbasis Kompetensi (Competency-Based Training/CBT): Mengarahkan proses pelatihan pada pencapaian kompetensi yang terukur berdasarkan kerangka DigCompEdu dan standar kompetensi guru nasional, dengan penilaian berbasis demonstrasi kemampuan nyata (criterion-referenced), bukan sekadar penyelesaian jam pelatihan atau kehadiran.
- 3) Pembelajaran adaptif: Menyesuaikan kecepatan, kedalaman, dan metode pelatihan dengan kemampuan dan kesiapan guru berdasarkan hasil pemetaan dan tes awal.
- 4) Pelatihan berjenjang (cascade training): Mengembangkan pelatih inti di tingkat kabupaten dan sekolah yang kemudian melatih guru lain, sebagaimana pola pelatih internal yang telah terbukti efektif dalam penelitian.

- 5) Analisis konteks lokal: Menjadikan pemetaan kondisi geografis, infrastruktur, budaya sekolah, dan sumber daya sebagai dasar perencanaan diferensiatif sesuai temuan studi kasus Cianjur.

c. Landasan Teknologi

- 1) Offline-first: Aplikasi dan materi pelatihan dirancang agar dapat digunakan tanpa koneksi internet stabil, kemudian disinkronkan saat jaringan tersedia, selaras dengan temuan keterbatasan jaringan di beberapa wilayah Cianjur.
- 2) Multi-platform: Dapat diakses melalui komputer, laptop, gawai, atau perangkat sekolah, sehingga menyesuaikan dengan variasi perangkat yang dimiliki guru dan sekolah.
- 3) Sumber terbuka (*open source*): Memudahkan adaptasi, pengembangan lokal, dan kolaborasi antar sekolah dan komunitas guru.
- 4) Cloud dengan cadangan lokal: Data pelatihan dan produk pembelajaran tersimpan aman di server pusat dengan salinan di server sekolah atau MGMP, mendukung keamanan dan ketersediaan data.

d. Langkah-Langkah Implementasi Berbasis PDCA

Implementasi framework ADAPTIF-CERDAS di Kabupaten Cianjur dirancang mengikuti siklus PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) yang telah terbukti efektif dalam penelitian.

1) Tahap 1–2: *Plan* (Perencanaan)

Perencanaan dilaksanakan dalam dua fase berkelanjutan:

a) Persiapan (sekitar 3 bulan)

- (1) Membentuk tim pengelola program di tingkat kabupaten yang melibatkan dinas pendidikan, pengawas, kepala sekolah perwakilan klaster, MGMP MIPA, dan perwakilan guru.
- (2) Menganalisis kondisi awal kompetensi guru dan infrastruktur melalui supervisi, survei, tes awal digital, dan pemetaan konteks

sekolah berdasarkan zonasi teknologi (dari zona sangat siap hingga zona terbatas).

- (3) Menyusun rencana kebutuhan infrastruktur dasar (laboratorium komputer, jaringan, perangkat minimal) dan strategi pemanfaatan fasilitas yang sudah ada.
 - (4) Menetapkan dan melatih pelatih utama (trainer kabupaten) yang menguasai TPACK, PDCA, dan aplikasi digital MIPA, merujuk pada pengalaman pelatih internal yang sudah terbentuk dalam program sebelumnya.
- b) Perancangan dan Uji Coba Terbatas (6 bulan, bagian akhir “*Plan*” dan awal “*Do*”)
- (1) Menyusun kurikulum pelatihan yang membedakan strategi untuk masing-masing zona kesiapan teknologi berdasarkan hasil pemetaan penelitian.
 - (2) Merancang modul pelatihan IN–ON–IN yang memadukan penguatan konsep, praktik di kelas, dan refleksi, dengan penekanan pada integrasi TPACK dan kecerdasan artifisial dalam pembelajaran MIPA, serta dilengkapi rubrik penilaian kompetensi untuk setiap unit pembelajaran.
 - (3) Menetapkan indikator keberhasilan yang jelas, termasuk capaian kompetensi pedagogik digital guru, kualitas perangkat ajar digital, dan perubahan praktik pembelajaran di kelas, dengan penilaian berbasis demonstrasi kemampuan nyata (criterion-referenced).

2) Tahap 3: *Do* (Pelaksanaan)

Pelaksanaan dilakukan secara bertahap dan berjenjang:

- a) Uji Coba Terbatas (6 bulan)
 - (1) Melaksanakan pelatihan di beberapa sekolah perwakilan tiap zona, termasuk SMPN 1 Cipanas dan SMPN 2 Cianjur sebagai rujukan praktik baik.

- (2) Menerapkan pola IN–ON–IN: sesi pelatihan terpusat di kabupaten, praktik di kelas masing-masing sesuai konteks sekolah, dan sesi refleksi bersama.
- (3) Mengaktifkan sistem pendampingan sejawat (*buddy system*) antara guru yang lebih mahir dan guru yang masih kesulitan.
- b) Perluasan (12 bulan)
 - (1) Memperluas pelatihan ke lebih banyak sekolah di setiap zona dengan memanfaatkan pelatih internal dan MGMP MIPA sebagai simpul diseminasi.
 - (2) Memperkuat komunitas guru digital, sebagai wadah saling berbagi praktik, materi, dan solusi teknis.
 - (3) Menjalankan sistem pelatihan berjenjang (pelatih kabupaten → pelatih sekolah → guru) untuk memastikan pemerataan tanpa membebani satu pihak.
- 3) Tahap 4: *Check* (Evaluasi)
 - a) Melaksanakan evaluasi berkelanjutan di setiap siklus pelatihan melalui tes awal dan tes akhir, observasi pembelajaran, penilaian produk pembelajaran digital, dan refleksi terstruktur untuk mengidentifikasi kesenjangan antara capaian dengan standar kompetensi yang ditargetkan.
 - b) Menganalisis data capaian kompetensi guru, variasi penerapan TPACK, dan kendala lapangan di tiap zona untuk melihat kesesuaian desain program dengan realitas kesesuaian desain program berbasis kompetensi dengan realitas dan kebutuhan kontekstual.
 - c) Mengumpulkan umpan balik dari guru, kepala sekolah, dan pelatih internal untuk perbaikan materi, metode, dan dukungan teknis.
- 4) Tahap 5: *Act* (Tindak Lanjut)
 - a) Implementasi Penuh dan Penguatan
 - b) Menyesuaikan materi dan strategi pelatihan berdasarkan hasil evaluasi, termasuk penyederhanaan atau pendalaman konten untuk kelompok guru tertentu.

- c) Mengoptimalkan penggunaan laboratorium komputer, konten luring, pembelajaran berkelompok, dan pemanfaatan perangkat yang tersedia di masing-masing sekolah.
 - d) Menetapkan mekanisme pendampingan rutin melalui MGMP, komunitas guru digital, dan pelatih internal.
- 5) Pelembagaan dan Replikasi (berkelanjutan)
- a) Mengintegrasikan pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial ke dalam program pengembangan keprofesian berkelanjutan di Kabupaten Cianjur.
 - b) Menjalankan perbaikan berkelanjutan berdasarkan siklus PDCA berikutnya, dengan penguatan sistem pemantauan dan pelaporan.
 - c) Menyusun panduan implementasi yang terdokumentasi dengan baik sehingga dapat direplikasi dan disesuaikan di kecamatan lain bahkan di kabupaten lain dengan karakteristik serupa.

e. Novelty (Kebaruan) Sistem

Kebaruan kerangka ADAPTIF-CERDAS terletak pada:

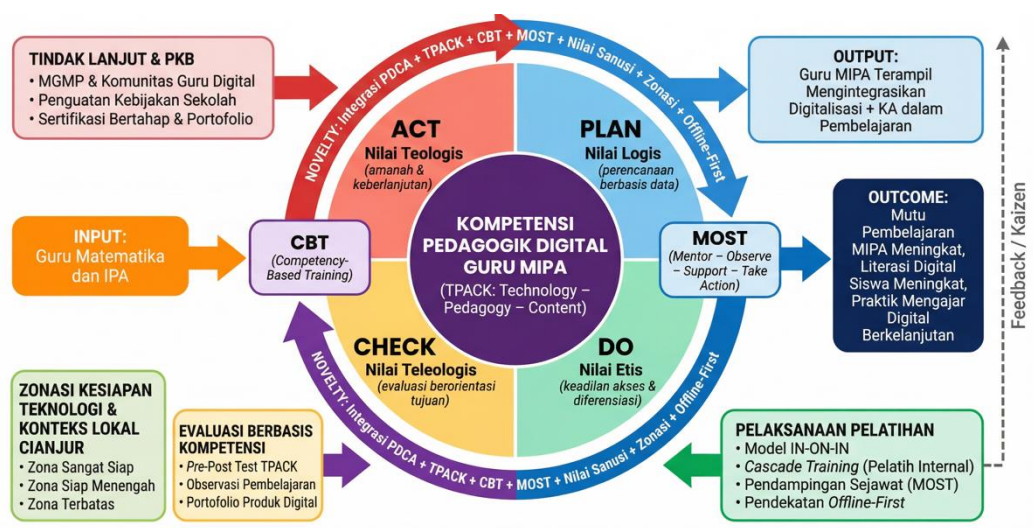
- 1) Zonasi dinamis berbasis konteks Cianjur yang mengelompokkan sekolah sesuai kesiapan teknologi dan dapat berubah mengikuti perkembangan.
- 2) Pendekatan offline-first yang secara langsung menjawab temuan penelitian tentang keterbatasan jaringan di banyak wilayah.
- 3) Pelatihan berjenjang berbasis pelatih internal yang sudah terbukti dalam studi kasus dapat memperluas dampak pelatihan dan membangun komunitas belajar yang kuat.
- 4) Model keberlanjutan mandiri, di mana program bertumpu pada komunitas guru, MGMP, dan integrasi ke sistem reguler pengembangan keprofesian, sehingga tidak bergantung sepenuhnya pada proyek jangka pendek. Pendekatan pelatihan berbasis kompetensi memperkuat keberlanjutan ini melalui sistem sertifikasi bertahap dan portofolio digital guru sebagai bagian dari pengembangan karier profesional.

- 5) Integrasi pelatihan berbasis kompetensi (Competency-Based Training) yang menjadikan pencapaian profil kompetensi terukur sebagai orientasi utama program, bukan sekadar penyelesaian jam pelatihan. Setiap guru dinilai berdasarkan demonstrasi kemampuan nyata dalam mengintegrasikan TPACK di kelas dengan standar yang mengacu pada kerangka DigCompEdu.

f. Uji Kelayakan

Untuk memastikan kelayakan penerapan di Kabupaten Cianjur, kerangka ini diuji melalui:

- 1) Evaluasi dampak program terhadap peningkatan kompetensi pedagogik digital guru berdasarkan hasil tes, observasi, dan produk pembelajaran.
- 2) Penilaian efektivitas desain materi dan alur pelatihan melalui lokakarya, uji coba, dan refleksi terstruktur di sekolah percontohan.
- 3) Analisis umpan balik dari guru, kepala sekolah, pelatih internal, dan pengawas untuk perbaikan berulang dalam siklus PDCA.
- 4) Penyusunan gambaran program pelatihan yang rinci dan realistis sesuai konteks Cianjur, sehingga dapat diimplementasikan secara bertahap dan berkelanjutan.



Gambar 5.1 Kerangka Hipotetik Model ADAPTIF-CERDAS

Gambar 5.1 menyajikan kerangka hipotetik Model ADAPTIF-CERDAS sebagai model manajemen pelatihan digitalisasi dan kecerdasan artifisial (KA) bagi guru Matematika dan IPA di Kabupaten Cianjur menggunakan pendekatan sistem dengan siklus PDCA (*Plan-Do-Check-Act*).

1. Input

- a. Guru Matematika dan IPA sebagai peserta pelatihan
- b. Zonasi kesiapan teknologi berdasarkan konteks lokal Cianjur:
 - 1) Zona Sangat Siap (infrastruktur memadai, jaringan stabil)
 - 2) Zona Siap Menengah (infrastruktur terbatas, jaringan tidak konsisten)
 - 3) Zona Terbatas (infrastruktur minimal, jaringan tidak stabil)
- c. Pemetaan kompetensi digital awal guru melalui tes diagnostik dan survei

2. Proses

- a. Pusat Kompetensi: Penguatan Kompetensi Pedagogik Digital Guru MIPA berbasis kerangka TPACK (Technology, Pedagogy, Content)
- b. Siklus PDCA dengan Nilai Sanusi:
 - 1) *Plan* (Nilai Logis): Perencanaan berbasis data hasil pemetaan kompetensi dan zonasi teknologi
 - 2) *Do* (Nilai Etis): Pelaksanaan pelatihan dengan diferensiasi untuk menjamin keadilan akses bagi semua guru

3) Check (Nilai Teleologis): Evaluasi berorientasi pada pencapaian tujuan transformasi pembelajaran digital

4) *Act* (Nilai Teologis): Tindak lanjut sebagai amanah profesi untuk keberlanjutan program

c. Metode Pelatihan:

1) CBT (*Competency-Based Training*): Pelatihan berfokus pada pencapaian kompetensi terukur, bukan sekadar jam pelatihan

2) MOST (*Mentor, Observe, Support, Take Action*): Pendampingan sejawat terstruktur

d. Pelaksanaan Pelatihan:

1) Model IN-ON-IN (pelatihan terpusat, praktik di kelas, refleksi bersama)

2) *Cascade Training* dengan pelatih internal untuk perluasan dampak

3) Pendampingan sejawat berkelanjutan

4) Pendekatan *Offline-First* untuk mengatasi keterbatasan jaringan

e. Evaluasi Berbasis Kompetensi:

1) *Pre-Post Test* TPACK untuk mengukur peningkatan kompetensi digital

2) Observasi pembelajaran untuk menilai implementasi di kelas

3) Portofolio produk digital sebagai bukti penguasaan kompetensi

3. Output

a. Guru MIPA terampil mengintegrasikan Digitalisasi dalam pembelajaran (menguasai teknologi digital untuk merancang dan melaksanakan pembelajaran)

b. Guru MIPA terampil mengintegrasikan Kecerdasan Artifisial (KA) dalam pembelajaran (mampu memanfaatkan alat dan aplikasi berbasis KA)

c. Peningkatan kompetensi pedagogik digital terukur berdasarkan standar DigCompEdu dan TPACK

4. Outcome

a. Mutu pembelajaran MIPA meningkat melalui inovasi metode, media, dan penilaian berbasis digital

b. Literasi digital siswa meningkat sebagai dampak dari pembelajaran yang mengintegrasikan teknologi secara sistematis

- c. Praktik mengajar digital berkelanjutan melalui dukungan MGMP, komunitas guru digital, penguatan kebijakan sekolah, dan sertifikasi bertahap

5. Tindak Lanjut & PKB

- a. MGMP dan Komunitas Guru Digital sebagai wadah berbagi praktik baik
- b. Penguatan kebijakan sekolah untuk mendukung pembelajaran digital
- c. Sertifikasi bertahap dan pengembangan portofolio sebagai bagian dari pengembangan keprofesian berkelanjutan

6. Kebaruan (Novelty)

Model ADAPTIF-CERDAS mengintegrasikan PDCA, TPACK, CBT, MOST, Nilai Sanusi, Zonasi dan *Offline-First* sebagai satu kesatuan yang utuh dan kontekstual, dengan mekanisme Feedback/Kaizen untuk perbaikan berkelanjutan dari outcome kembali ke input.