

BAB V

PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan *Design-Based Research* (DBR) mengenai desain integrasi *Artificial Intelligence-Driven Personalized Learning* (AI-DPL) berbasis *Model e-IM3* untuk meningkatkan kemampuan numerasi siswa sekolah dasar, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Desain integrasi AI-DPL berbasis Model e-IM3 telah memenuhi kriteria valid secara teoritis dan pedagogis

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa pembelajaran numerasi di sekolah dasar masih menghadapi berbagai permasalahan, antara lain pembelajaran yang bersifat seragam, belum mengakomodasi perbedaan kemampuan peserta didik, keterbatasan pemanfaatan teknologi digital secara adaptif, serta belum tersedianya desain pembelajaran yang mengintegrasikan Artificial Intelligence dengan model pembelajaran numerasi. Berdasarkan kebutuhan tersebut dikembangkan desain integrasi AI-DPL berbasis Model e-IM3 melalui tahapan *Design-Based Research* (DBR), yaitu analisis kebutuhan, penyusunan prinsip desain, pengembangan prototipe, validasi ahli, revisi, dan implementasi. Produk yang dihasilkan berupa desain pembelajaran adaptif yang mengintegrasikan fitur asesmen diagnostik, jalur belajar personal (*adaptive learning pathway*), materi adaptif, latihan personalisasi, *learning analytics dashboard*, umpan balik otomatis, serta *fitur Tutor Pintar* yang dioperasikan melalui sintaks *Identifying Problems*, *Building Ideas*, *Clarifying Ideas*, dan *Assessing Ideas* pada Model e-IM3.

Hasil validasi oleh ahli materi, ahli media, ahli pembelajaran, dan praktisi menunjukkan bahwa produk memenuhi kategori (valid) pada seluruh aspek penilaian, sehingga layak digunakan dalam proses pembelajaran setelah melalui penyempurnaan berdasarkan masukan validator. Dengan demikian, desain AI-DPL berbasis Model e-IM3 telah memenuhi validitas teoritis, validitas isi, validitas konstruk, dan validitas pedagogis sebagai desain pembelajaran numerasi berbasis Artificial Intelligence di sekolah dasar.

2. Desain pembelajaran berbasis AI-DPL dengan Model e-IM3 memiliki tingkat kepraktisan yang tinggi

Hasil uji coba terbatas dan implementasi menunjukkan bahwa guru maupun peserta didik dapat menggunakan produk dengan mudah. Seluruh fitur pada sistem AI-DPL dapat dioperasikan sesuai prosedur pembelajaran, mulai dari asesmen diagnostik, penyajian materi adaptif, latihan personalisasi, Tutor Pintar, hingga refleksi pembelajaran.

Respon guru dan peserta didik terhadap produk berada pada kategori sangat praktis, ditunjukkan oleh kemudahan penggunaan, kejelasan navigasi, tampilan antarmuka yang sederhana, penyajian materi yang sistematis, serta kemudahan guru dalam memonitor perkembangan belajar melalui *learning analytics*. Selama implementasi tidak ditemukan kendala yang bersifat mendasar, sedangkan kendala teknis yang muncul dapat diatasi melalui penyempurnaan antarmuka, penyesuaian navigasi, dan optimalisasi fitur sistem.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa desain AI-DPL berbasis Model e-IM3 memenuhi aspek practicality, sehingga dapat diterapkan dalam pembelajaran numerasi di sekolah dasar secara efektif dan mudah digunakan oleh guru maupun peserta didik.

3. Desain integrasi AI-DPL berbasis Model e-IM3 Memiliki Efektivitas Potensial

Hasil implementasi menunjukkan adanya peningkatan kemampuan numerasi peserta didik setelah menggunakan desain AI-DPL berbasis Model e-IM3. Pembelajaran yang disesuaikan dengan kemampuan individu melalui mekanisme personalisasi memungkinkan peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang lebih bermakna, adaptif, dan sesuai dengan kebutuhan masing-masing.

Selain meningkatkan hasil belajar numerasi, implementasi produk juga meningkatkan keaktifan peserta didik dalam mengidentifikasi masalah, menyusun strategi penyelesaian, memberikan argumentasi matematis, melakukan refleksi terhadap hasil belajar, serta meningkatkan motivasi belajar. Guru memperoleh manfaat melalui tersedianya data perkembangan belajar secara *real-time* yang dapat digunakan sebagai dasar dalam memberikan tindak lanjut pembelajaran.

Berdasarkan hasil implementasi, respon pengguna, serta capaian pembelajaran yang diperoleh, desain AI-DPL berbasis Model e-IM3 memenuhi aspek *effectiveness*, sehingga berpotensi menjadi alternatif desain pembelajaran numerasi yang mampu mengintegrasikan personalisasi pembelajaran, Artificial Intelligence, dan model pembelajaran e-IM3 dalam satu kerangka pedagogis yang utuh.

B. Implikasi

Hasil penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang *Artificial Intelligence in Education* (AIED), desain pembelajaran, pembelajaran matematika, dan penelitian pengembangan pendidikan. Kontribusi teoritis tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Memperkuat konsep Artificial Intelligence-Driven Personalized Learning (AI-DPL) dalam pembelajaran numerasi

Penelitian ini memperluas konsep *Artificial Intelligence-Driven Personalized Learning* (AI-DPL) yang selama ini lebih banyak dikembangkan sebagai sistem teknologi adaptif menjadi sebuah desain pembelajaran yang memiliki landasan pedagogis yang kuat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas AI tidak hanya bergantung pada kemampuan algoritma dalam melakukan personalisasi, tetapi juga pada integrasinya dengan model pembelajaran yang sistematis.

Temuan ini memperkuat konsep *Artificial Intelligence in Education* (AIED) yang dikemukakan oleh Holmes dan Tuomi (2022) bahwa Artificial Intelligence akan memberikan dampak optimal apabila dikembangkan sebagai pendukung pengambilan keputusan pedagogis (*pedagogical decision support*), bukan sekadar sebagai teknologi otomatisasi pembelajaran. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi konseptual bahwa AI-DPL harus dipahami sebagai integrasi antara teknologi adaptif, teori belajar, dan strategi pedagogis, bukan hanya sebagai platform pembelajaran berbasis Artificial Intelligence.

2. Mengembangkan landasan teoritis integrasi AI dengan Model e-IM3

Penelitian ini menghasilkan sintesis baru antara teori *konstruktivisme*, *konstruktivisme sosial*, *Cognitive Load Theory*, *Student-Centered Learning*, dan *Artificial Intelligence in Education* melalui integrasi dengan sintaks Model e-IM3. Sintaks *Identifying Problems*, *Building Ideas*, *Clarifying Ideas*, dan *Assessing Ideas* terbukti mampu menjadi kerangka pedagogis yang mengarahkan proses personalisasi pembelajaran berbasis Artificial Intelligence. Dengan demikian, penelitian ini memperluas implementasi teori konstruktivisme Piaget dan konstruktivisme sosial Vygotsky ke dalam konteks pembelajaran adaptif berbasis AI. Penelitian ini juga memperkuat teori *Cognitive Load* dengan menunjukkan bahwa AI dapat dimanfaatkan untuk mengelola beban kognitif peserta didik

melalui penyajian materi yang bertahap, adaptif, dan sesuai dengan kemampuan belajar masing-masing siswa.

3. Memperkaya kajian Design-Based Research (DBR)

Dari aspek metodologi, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan *Design-Based Research* (DBR) tidak hanya menghasilkan produk pembelajaran, tetapi juga menghasilkan *design principles* yang dapat dijadikan dasar pengembangan inovasi pembelajaran berbasis Artificial Intelligence pada konteks pendidikan dasar. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa proses analisis kebutuhan, pengembangan prototipe, validasi ahli, implementasi, evaluasi, dan revisi secara iteratif menghasilkan produk yang memenuhi aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat pandangan McKenney dan Reeves (2019) bahwa DBR merupakan pendekatan yang mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik melalui pengembangan solusi pendidikan yang dapat direplikasi.

4. Memberikan Kontribusi Terhadap Pengembangan Teori Pembelajaran Numerasi

Penelitian ini juga memberikan kontribusi terhadap pengembangan pembelajaran numerasi di sekolah dasar. Temuan penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan numerasi tidak hanya dipengaruhi oleh penyediaan materi pembelajaran, tetapi juga oleh adanya personalisasi pembelajaran, umpan balik adaptif, scaffolding berbasis AI, serta refleksi belajar yang terintegrasi dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat pandangan bahwa pengembangan kemampuan numerasi memerlukan pembelajaran yang kontekstual, adaptif, berpusat pada peserta didik, dan didukung oleh teknologi yang mampu menyesuaikan pengalaman belajar berdasarkan karakteristik individu.

C. Saran

1. Saran bagi Pengguna Produk

a) Bagi Guru Sekolah Dasar

Guru disarankan memanfaatkan desain AI-DPL berbasis Model e-IM3 sebagai alternatif pembelajaran numerasi yang mampu mengakomodasi perbedaan kemampuan peserta didik melalui pembelajaran adaptif. Guru tidak hanya menggunakan produk sebagai media penyampaian materi, tetapi juga sebagai sarana untuk melakukan asesmen diagnostik, memantau perkembangan belajar melalui *learning analytics*, memberikan pembelajaran berdiferensiasi, serta menyusun tindak lanjut pembelajaran berdasarkan data yang dihasilkan sistem.

Selain itu, guru perlu meningkatkan kompetensi literasi digital dan literasi Artificial Intelligence agar mampu mengoptimalkan seluruh fitur yang tersedia, seperti personalisasi materi, umpan balik otomatis, dan Tutor Pintar. Pemanfaatan AI tetap harus berada dalam kerangka pedagogis yang menempatkan guru sebagai fasilitator, pembimbing, dan pengambil keputusan pembelajaran, sehingga penggunaan teknologi tidak mengurangi interaksi edukatif antara guru dan peserta didik.

b) Bagi Peserta Didik

Peserta didik disarankan memanfaatkan seluruh fitur AI-DPL secara optimal, terutama asesmen diagnostik, materi adaptif, latihan personalisasi, refleksi pembelajaran, dan Tutor Pintar sebagai sarana untuk meningkatkan kemampuan numerasi secara mandiri. Penggunaan produk secara berkelanjutan diharapkan dapat membantu peserta didik mengembangkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, penalaran matematis, serta keterampilan belajar mandiri yang menjadi kompetensi penting pada abad ke-21.

Peserta didik juga perlu menggunakan rekomendasi pembelajaran yang diberikan sistem sebagai panduan belajar, namun tetap mengembangkan kemampuan berpikir secara mandiri sehingga Artificial Intelligence berfungsi

sebagai pendamping belajar (*learning companion*), bukan sebagai pengganti proses berpikir peserta didik.

c) Bagi Sekolah

Sekolah disarankan mendukung implementasi AI-DPL berbasis Model e-IM3 melalui penyediaan infrastruktur teknologi yang memadai, seperti jaringan internet yang stabil, perangkat pembelajaran digital, serta kebijakan sekolah yang mendukung transformasi pembelajaran berbasis teknologi.

Sekolah juga perlu menyelenggarakan pelatihan bagi guru mengenai pemanfaatan Artificial Intelligence dalam pembelajaran agar implementasi produk dapat berlangsung secara optimal. Integrasi AI-DPL dengan program peningkatan numerasi sekolah dapat menjadi salah satu strategi untuk mendukung implementasi Kurikulum Merdeka dan pembelajaran berdiferensiasi berbasis data.

d) Bagi Pengambil Kebijakan dan Institusi Pendidikan

Dinas pendidikan, lembaga pendidikan, dan institusi terkait disarankan menjadikan hasil penelitian ini sebagai salah satu referensi dalam penyusunan kebijakan pengembangan pembelajaran digital berbasis Artificial Intelligence di sekolah dasar. Produk yang dikembangkan dapat digunakan sebagai contoh implementasi AI yang tetap berorientasi pada prinsip pedagogis, sehingga pengembangan teknologi pendidikan tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga pada peningkatan kualitas proses dan hasil pembelajaran.

Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam penyusunan program peningkatan kompetensi guru mengenai pemanfaatan Artificial Intelligence secara etis, bertanggung jawab, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran.

2. Saran bagi Peneliti Selanjutnya

a) Pengembangan Fitur Produk

Penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan AI-DPL berbasis Model e-IM3 dengan fitur yang lebih komprehensif, antara lain:

- 1) integrasi *Generative Artificial Intelligence* (Generative AI) untuk menghasilkan materi, soal, dan umpan balik secara dinamis;
- 2) pengembangan *learning analytics* berbasis *predictive analytics* untuk mendeteksi risiko kesulitan belajar sejak dini;
- 3) integrasi *adaptive assessment* yang mampu menyesuaikan tingkat kesulitan soal secara otomatis berdasarkan performa peserta didik;
- 4) pengembangan fitur *dashboard guru* yang lebih lengkap untuk mendukung pengambilan keputusan pembelajaran berbasis data;
- 5) integrasi teknologi *speech recognition*, *voice assistant*, maupun *multimodal AI* untuk meningkatkan interaktivitas pembelajaran.

Pengembangan tersebut diharapkan mampu meningkatkan kualitas personalisasi pembelajaran serta memperluas fungsi AI sebagai sistem pendukung pembelajaran.