

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Pustaka

1. Kemampuan Numerasi pada Sekolah Dasar

Kemampuan numerasi merupakan salah satu kompetensi esensial yang dibutuhkan peserta didik untuk menghadapi tantangan abad ke-21. Numerasi tidak hanya berkaitan dengan kemampuan berhitung, tetapi mencakup kemampuan menggunakan konsep, prosedur, fakta, dan alat matematika untuk menyelesaikan berbagai permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Menurut *Organisation for Economic Co-operation and Development* (Gligorea et al., 2023), numerasi merupakan kemampuan individu dalam merumuskan, menerapkan, dan menafsirkan matematika dalam berbagai konteks sehingga mampu mengambil keputusan yang tepat berdasarkan informasi kuantitatif.

Dalam perspektif konstruktivisme, kemampuan numerasi berkembang melalui proses aktif ketika siswa membangun sendiri pemahaman matematisnya melalui interaksi dengan lingkungan belajar. Teori konstruktivisme yang dikembangkan oleh Piaget menjelaskan bahwa pengetahuan matematika tidak dapat ditransfer secara langsung dari guru kepada siswa, tetapi dibangun melalui proses asimilasi dan akomodasi berdasarkan pengalaman belajar yang dimiliki peserta didik (Piaget, 1977). Oleh karena itu, pembelajaran numerasi harus memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengeksplorasi, menginterpretasi, dan memecahkan masalah secara mandiri.

(Vygotsky, 1978) melalui teori konstruktivisme sosial menambahkan bahwa perkembangan kemampuan matematis dipengaruhi oleh interaksi sosial dan dukungan lingkungan belajar. Konsep *Zone of Proximal Development* (ZPD) menjelaskan bahwa siswa dapat mencapai tingkat kemampuan yang lebih tinggi apabila memperoleh bantuan yang tepat melalui *scaffolding*. Dalam konteks pembelajaran berbasis AI, konsep *scaffolding* menjadi sangat relevan karena

sistem AI dapat memberikan dukungan belajar yang berbeda sesuai kebutuhan masing-masing siswa.

Menurut (Findell et al., 2001), kemampuan numerasi terdiri atas lima komponen utama, yaitu conceptual understanding, procedural fluency, strategic competence, adaptive reasoning, dan productive disposition. Kelima komponen tersebut saling berhubungan dalam membentuk kemampuan siswa untuk menggunakan matematika secara bermakna. Oleh karena itu, pengembangan kemampuan numerasi memerlukan pendekatan pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada penguasaan prosedur, tetapi juga menekankan penalaran, pemecahan masalah, dan refleksi matematis.

Temuan terbaru menunjukkan bahwa kemampuan numerasi siswa dapat meningkat secara signifikan ketika pembelajaran dirancang secara personal, adaptif, dan kontekstual (Pereda Lorient et al., 2025). Dengan demikian, pengembangan desain pembelajaran numerasi berbasis AI-DPL dan model e-IM3 memiliki landasan teoritis yang kuat karena mengintegrasikan aspek personalisasi pembelajaran dengan pengembangan penalaran matematis.

2. Teori Belajar sebagai Landasan Pengembangan Produk

a) Teori Konstruktivisme

Konstruktivisme merupakan teori utama yang mendasari pengembangan desain AI-DPL berbasis model e-IM3. Teori ini menyatakan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui pengalaman belajar dan interaksi dengan lingkungan (Piaget, 1977).

Dalam desain yang dikembangkan, sintaks Identifying Problems dan Building Ideas pada model e-IM3 memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengonstruksi pemahaman matematisnya melalui eksplorasi masalah numerasi. Dengan demikian, AI tidak berperan sebagai sumber pengetahuan utama, melainkan sebagai fasilitator yang membantu siswa membangun pengetahuan secara mandiri.

b) Teori Konstruktivisme Sosial

(Vygotsky, 1978) menegaskan bahwa pembelajaran terjadi melalui interaksi sosial dan dukungan yang diberikan kepada siswa selama proses belajar. Konsep scaffolding menjadi dasar penting dalam pengembangan sistem AI-DPL.

Pada penelitian ini, sistem AI berfungsi sebagai intelligent scaffolding yang mampu memberikan bantuan belajar sesuai tingkat kemampuan siswa. Ketika siswa mengalami kesulitan, sistem dapat memberikan petunjuk, contoh penyelesaian, maupun rekomendasi materi tambahan secara otomatis.

c) Teori Cognitive Load

(Sweller et al., 2019) menjelaskan bahwa efektivitas pembelajaran dipengaruhi oleh kapasitas memori kerja yang terbatas. Pembelajaran yang terlalu kompleks dapat meningkatkan beban kognitif sehingga menghambat proses belajar.

AI-DPL mendukung pengelolaan beban kognitif melalui penyajian materi yang disesuaikan dengan tingkat kemampuan siswa. Materi dan aktivitas belajar diberikan secara bertahap sehingga siswa dapat memahami konsep numerasi secara lebih efektif.

3. Artificial Intelligence dalam Pendidikan

Artificial Intelligence merupakan teknologi yang memungkinkan komputer melakukan proses yang menyerupai kemampuan kognitif manusia, termasuk belajar, menalar, memprediksi, dan mengambil keputusan (Russell & Norvig, 2021).

Dalam pendidikan, AI berkembang menjadi Artificial Intelligence in Education (AIED), yaitu bidang yang mengintegrasikan teknologi AI dengan teori pembelajaran dan pedagogi. Menurut (Holmes & Tuomi, 2022), AIED bertujuan meningkatkan kualitas pembelajaran melalui personalisasi pengalaman belajar, analisis data pembelajaran, serta dukungan pengambilan keputusan pedagogis.

(Gligorea et al., 2023), menjelaskan bahwa AI dalam pendidikan memiliki empat fungsi utama, yaitu:

- a) Adaptive Learning Systems.
- b) Intelligent Tutoring Systems.
- c) Learning Analytics.
- d) Automated Assessment and Feedback.

Keempat fungsi tersebut menjadi dasar dalam pengembangan desain AI-DPL berbasis model e-IM3 yang dikembangkan dalam penelitian ini.

4. Artificial Intelligence-Driven Personalized Learning (AI-DPL)

AI-DPL merupakan pengembangan dari teori Personalized Learning yang berakar pada Student-Centered Learning Theory. Teori ini menempatkan peserta didik sebagai pusat proses pembelajaran sehingga pembelajaran disesuaikan dengan kebutuhan, minat, kemampuan, dan karakteristik individu siswa (Pane et al., 2017).

(Tapalova & Zhiyenbayeva, 2022) menjelaskan bahwa AI-DPL memungkinkan sistem pembelajaran membangun learning pathway yang berbeda untuk setiap siswa berdasarkan data belajar yang diperoleh secara real time.

Menurut (Strielkowski et al., 2025), AI-DPL memiliki lima karakteristik utama:

Personalisasi konten pembelajaran.

- a) Adaptasi tingkat kesulitan materi.
- b) Learning analytics berbasis data.
- c) Umpan balik otomatis.
- d) Prediksi perkembangan belajar.

Kelima karakteristik tersebut menjadi fondasi dalam desain produk yang dikembangkan.

5. Model Pembelajaran e-IM3 sebagai Landasan Pedagogis

Model e-IM3 dikembangkan berdasarkan teori problem solving, reflective thinking, dan decision making dalam pembelajaran matematika (Jabar et al., 2025). Menurut (Murtafiah, 2024) Model ini terdiri atas empat sintaks utama:

a) Identifying Problems

Tahap ini berakar pada teori Problem-Based Learning yang menekankan pentingnya identifikasi masalah sebagai awal proses berpikir matematis.

b) Building Ideas

Tahap ini didasarkan pada teori konstruktivisme yang mendorong siswa membangun pengetahuan melalui eksplorasi ide.

c) Clarifying Ideas

Tahap ini didukung oleh teori argumentasi matematis yang menekankan pentingnya kemampuan menjelaskan alasan logis terhadap solusi yang dipilih.

d) Assessing Ideas

Tahap ini berlandaskan teori metakognisi yang menekankan refleksi terhadap proses berpikir dan hasil penyelesaian masalah.

Dengan demikian, model e-IM3 tidak hanya mengembangkan kemampuan kognitif, tetapi juga kemampuan metakognitif dan reflektif siswa.

6. Teori Desain Pembelajaran

Pengembangan desain AI-DPL berbasis model e-IM3 juga didukung oleh teori desain pembelajaran modern. Menurut (Branch, 2020), desain pembelajaran merupakan proses sistematis untuk menciptakan pengalaman belajar yang efektif, efisien, dan menarik. Dalam penelitian ini, prinsip desain pembelajaran yang digunakan meliputi:

a) Learner-Centered Design.

b) Adaptive Learning Design.

c) Data-Driven Instruction.

d) Personalized Learning Design.

Prinsip-prinsip tersebut menjadi dasar dalam pengembangan prototipe pembelajaran numerasi berbasis AI.

7. Design-Based Research sebagai Teori Pengembangan Produk

Design-Based Research merupakan pendekatan penelitian yang menghubungkan teori dan praktik dalam proses pengembangan inovasi pendidikan (McKenney & Reeves, 2019). Menurut (Reeves, 2006), DBR terdiri atas:

- a) Analisis masalah.
- b) Pengembangan solusi.
- c) Pengujian dan revisi iteratif.
- d) Refleksi dan formulasi prinsip desain.

Dalam penelitian ini, DBR digunakan sebagai kerangka pengembangan untuk menghasilkan desain AI-DPL berbasis e-IM3 yang memenuhi aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas.

8. Teori Evaluasi Produk Pengembangan

Kualitas produk hasil pengembangan ditentukan berdasarkan tiga kriteria utama yang dikemukakan (Nieveen & Folmer, 2013), yaitu:

- a) Validity, yaitu kesesuaian produk dengan teori dan kebutuhan pengguna.
- b) Practicality, yaitu kemudahan penggunaan produk dalam konteks nyata.
- c) Effectiveness, yaitu kemampuan produk mencapai tujuan pembelajaran.

Ketiga aspek tersebut menjadi dasar dalam proses validasi, implementasi, dan evaluasi desain AI-DPL berbasis model e-IM3 yang dikembangkan dalam penelitian ini.

B. Kerangka Berpikir

1. Kerangka Berpikir Pengembangan

Kemampuan numerasi merupakan kompetensi dasar yang memungkinkan peserta didik menggunakan konsep, prosedur, fakta, dan alat matematika untuk memecahkan berbagai permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Numerasi tidak hanya berkaitan dengan kemampuan berhitung, tetapi juga mencakup kemampuan bernalar, menginterpretasikan data, membuat keputusan, dan menyelesaikan masalah secara logis. OECD mendefinisikan literasi matematika sebagai kemampuan individu untuk merumuskan, menggunakan, dan menafsirkan matematika dalam berbagai konteks kehidupan nyata (OECD, 2023). Hasil berbagai asesmen internasional menunjukkan bahwa kemampuan numerasi peserta didik Indonesia masih memerlukan peningkatan sehingga diperlukan inovasi pembelajaran yang lebih efektif dan adaptif terhadap kebutuhan siswa. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran numerasi perlu dirancang secara lebih kontekstual, bermakna, dan mampu mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang dilakukan di sekolah dasar, ditemukan bahwa pembelajaran numerasi masih cenderung berpusat pada guru, penggunaan teknologi pembelajaran belum optimal, serta belum memperhatikan perbedaan karakteristik dan kemampuan individu siswa. Akibatnya, siswa mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi masalah matematis, mengembangkan strategi penyelesaian, menjelaskan alasan terhadap jawaban yang diberikan, dan mengevaluasi solusi yang telah diperoleh. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan pembelajaran abad ke-21 dengan praktik pembelajaran yang berlangsung di sekolah. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan pembelajaran yang mampu mengakomodasi kebutuhan belajar siswa secara individual sekaligus meningkatkan kualitas proses berpikir matematis mereka.

Salah satu pendekatan yang berpotensi menjawab kebutuhan tersebut adalah *Artificial Intelligence-Driven Personalized Learning*. *Personalized learning*

berbasis AI memungkinkan sistem pembelajaran menyesuaikan materi, aktivitas, tingkat kesulitan, dan umpan balik berdasarkan kemampuan, gaya belajar, serta perkembangan masing-masing peserta didik. Pemanfaatan AI dalam pendidikan memungkinkan analisis data belajar secara berkelanjutan sehingga sistem dapat memberikan rekomendasi pembelajaran yang lebih tepat dan adaptif (Halkiopoulou & Gkintoni, 2024). Selain itu, penelitian terbaru menunjukkan bahwa AI-driven personalized learning mampu meningkatkan keterlibatan belajar, efisiensi pembelajaran, serta pencapaian hasil belajar siswa melalui pengalaman belajar yang lebih personal dan responsif terhadap kebutuhan individu (Bayly-Castaneda et al., 2024; Shemshack, 2025).

Secara teoritis, pengembangan desain pembelajaran ini didasarkan pada teori konstruktivisme yang memandang bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh peserta didik melalui interaksi dengan lingkungan belajar. Dalam perspektif konstruktivisme, pembelajaran yang efektif harus memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengeksplorasi, menemukan, menguji, dan merefleksikan pengetahuannya sendiri. Konsep personalized learning juga sejalan dengan teori konstruktivisme karena menempatkan siswa sebagai pusat pembelajaran yang aktif membangun pengetahuan berdasarkan kebutuhan dan pengalaman belajar masing-masing. Dukungan teknologi AI memungkinkan proses konstruksi pengetahuan tersebut berlangsung secara lebih adaptif melalui penyediaan pengalaman belajar yang berbeda bagi setiap peserta didik sesuai tingkat kemampuannya (Wu et al., 2024).

Pengembangan produk dalam penelitian ini juga didasarkan pada model e-IM3 (Identifying Problems, Building Ideas, Clarifying Ideas, dan Assessing Ideas). Model ini dipilih karena mampu memfasilitasi proses berpikir matematis secara sistematis.

a) Tahap Identifying Problems

Pada tahap ini siswa mengidentifikasi informasi penting dan memahami permasalahan numerasi yang diberikan. Tahap ini mendukung kemampuan memahami konteks masalah serta menentukan kebutuhan penyelesaiannya.

b) Tahap Building Ideas,

Pada tahap Building Ideas, siswa mengembangkan berbagai alternatif strategi penyelesaian berdasarkan pengetahuan yang dimiliki. Tahap ini berperan dalam mengembangkan kemampuan berpikir kreatif, pemecahan masalah, dan penalaran matematis.

c) Tahap Clarifying Ideas

Pada tahap Clarifying Ideas, siswa menjelaskan alasan, prosedur, dan argumentasi matematis yang digunakan sehingga kemampuan komunikasi matematis dapat berkembang secara optimal. Adapun tahap

d) Tahap Assessing Ideas

Tahap Assessing Ideas berfungsi untuk mengevaluasi dan merefleksikan solusi yang diperoleh sehingga siswa mampu melakukan perbaikan terhadap proses berpikirnya secara berkelanjutan.

Penelitian-penelitian terkini menunjukkan bahwa integrasi Artificial Intelligence dalam pembelajaran mampu meningkatkan efektivitas personalisasi pembelajaran melalui pemberian umpan balik otomatis, rekomendasi materi belajar yang adaptif, serta analisis kesulitan belajar siswa secara real-time (Laak & Aru, 2025; Sajja et al., 2023). Selain itu, berbagai studi juga menunjukkan bahwa personalized learning berbasis AI dapat meningkatkan keterlibatan belajar, motivasi, dan performa akademik siswa karena pembelajaran menjadi lebih sesuai dengan kebutuhan individu masing-masing peserta didik (Ram et al., 2024) (Bayly-Castaneda et al., 2024). Namun demikian, hasil telaah literatur menunjukkan bahwa penelitian yang secara khusus mengintegrasikan Artificial Intelligence-Driven Personalized Learning dengan model e-IM3 dalam pembelajaran numerasi sekolah dasar masih sangat terbatas. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan untuk mengembangkan desain pembelajaran baru yang mampu menggabungkan keunggulan AI dan model e-IM3 dalam meningkatkan kemampuan numerasi siswa.

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan, landasan teori, dan penelitian terdahulu tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) untuk menghasilkan produk berupa Desain Integrasi Artificial Intelligence-Driven Personalized Learning berbasis Model e-IM3. Tahap pengembangan dimulai dari analisis kebutuhan untuk mengidentifikasi karakteristik siswa, kondisi pembelajaran numerasi, kebutuhan guru, serta peluang pemanfaatan AI dalam pembelajaran. Hasil analisis kebutuhan menjadi dasar dalam merancang desain produk yang meliputi sintaks pembelajaran e-IM3, mekanisme personalisasi berbasis AI, materi numerasi, aktivitas pembelajaran, serta sistem asesmen yang sesuai dengan karakteristik siswa sekolah dasar.

Desain yang telah disusun kemudian dikembangkan menjadi prototipe produk dan divalidasi oleh ahli materi, ahli pembelajaran, serta ahli teknologi pendidikan. Validasi dilakukan untuk memastikan kesesuaian isi, tampilan, fungsi, dan konstruk produk. Hasil validasi digunakan sebagai dasar revisi sehingga produk yang dihasilkan memiliki tingkat validitas yang tinggi. Produk yang telah direvisi kemudian diuji coba kepada pengguna untuk mengetahui tingkat kepraktisan dan efektivitasnya dalam meningkatkan kemampuan numerasi siswa.

Tahap uji coba menghasilkan data mengenai keterlaksanaan pembelajaran, respons guru dan siswa, serta peningkatan kemampuan numerasi siswa setelah menggunakan produk yang dikembangkan. Hasil uji coba kemudian dievaluasi untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan produk. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut dilakukan revisi akhir sehingga dihasilkan produk yang memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif. Sebagaimana pada gambar bagan kerangka berpikir sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Bagan Kerangka Berpikir Penelitian (Hasibuan et al., 2026)

C. Kebaruan Penelitian (State of the Art – SOTA)

1. Perkembangan Terkini Penelitian

Perkembangan penelitian global menunjukkan bahwa Artificial Intelligence telah banyak digunakan dalam adaptive learning, intelligent tutoring systems, dan personalized learning. Sebagian besar penelitian berfokus pada optimalisasi algoritma AI, pengembangan learning analytics, dan peningkatan efektivitas pembelajaran berbasis teknologi (Strielkowski et al., 2025; Gligorea et al., 2023)

Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih menempatkan AI sebagai instrumen teknologi tanpa integrasi yang kuat dengan model pedagogis

tertentu. Selain itu, penelitian yang secara khusus mengembangkan pembelajaran numerasi pada jenjang sekolah dasar berbasis AI masih relatif terbatas.

2. Research Gap

Berdasarkan analisis penelitian terdahulu, ditemukan beberapa celah penelitian yang masih belum terjawab.

a) Gap Konseptual

Penelitian sebelumnya cenderung memandang AI sebagai alat teknologi adaptif, bukan sebagai bagian dari desain pedagogis yang terintegrasi. Sebagian besar penelitian berfokus pada algoritma personalisasi dan adaptive learning tanpa menghubungkannya dengan model pembelajaran numerasi tertentu.

b) Gap Pedagogis

Belum ditemukan penelitian yang mengintegrasikan Artificial Intelligence-Driven Personalized Learning dengan model e-IM3 yang terdiri atas: Identifying Problems, Building Ideas, Clarifying Ideas, Assessing Ideas. Padahal keempat tahapan tersebut sangat relevan untuk mengembangkan kemampuan berpikir numeratif dan pemecahan masalah matematis siswa SD.

c) Gap Jenjang Pendidikan

Sebagian besar penelitian AI dalam personalized learning dilakukan pada pendidikan tinggi atau pendidikan menengah. Penelitian yang secara khusus mengembangkan desain pembelajaran numerasi berbasis AI pada siswa sekolah dasar masih relatif terbatas.

d) Gap Produk Pengembangan

Penelitian terdahulu umumnya menghasilkan: aplikasi adaptif, sistem tutoring, platform pembelajaran, atau evaluasi efektivitas AI. Namun belum menghasilkan desain integratif AI-Driven Personalized Learning berbasis model e-IM3 yang dapat menjadi kerangka konseptual dan operasional pembelajaran numerasi di SD.

e) Gap Metodologis

Penelitian sebelumnya banyak menggunakan: eksperimen, quasi eksperimen, systematic review, meta-analysis. Masih sangat sedikit penelitian yang menggunakan Design-Based Research atau R&D untuk menghasilkan prinsip desain (design principles) pembelajaran numerasi berbasis AI yang dapat direplikasi pada konteks pendidikan dasar.

3. Novelty Penelitian

Berdasarkan analisis state of the art dan research gap tersebut, kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan Desain Integrasi Artificial Intelligence-Driven Personalized Learning berbasis Model e-IM3 untuk Meningkatkan Kemampuan Numerasi Siswa Sekolah Dasar.

- a) Integrasi simultan tiga komponen utama, yaitu Artificial Intelligence sebagai sistem adaptif berbasis data, Personalized Learning sebagai pendekatan individualisasi pembelajaran, dan model e-IM3 sebagai kerangka pedagogis pengembangan kemampuan berpikir numeratif. Integrasi ketiga komponen tersebut belum ditemukan pada penelitian sebelumnya.
- b) Fokus penelitian pada siswa sekolah dasar, khususnya pengembangan kemampuan numerasi yang mencakup kemampuan mengidentifikasi masalah, mengembangkan strategi penyelesaian, menjelaskan argumentasi matematis, dan melakukan refleksi terhadap solusi yang diperoleh.
- c) Penggunaan pendekatan Design-Based Research (DBR)/Research and Development (R&D) untuk menghasilkan produk berupa desain pembelajaran, model konseptual, model operasional, dan prinsip desain (design principles) yang dapat digunakan sebagai acuan pengembangan pembelajaran numerasi berbasis AI pada pendidikan dasar.

Dengan demikian, kontribusi penelitian ini tidak hanya menghasilkan produk pembelajaran yang valid, praktis, dan efektif, tetapi juga menghasilkan Model Integrasi AI-Driven Personalized Learning berbasis e-IM3 yang berpotensi menjadi referensi teoritis dan praktis bagi pengembangan pembelajaran numerasi berbasis Artificial Intelligence pada jenjang sekolah dasar.