

EMBODIED DESIGN DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA DI PENDIDIKAN DASAR

Kartika Eka Pertiwi¹, Anita Oktaviana²

Universitas Lampung, Metro, Indonesia¹; STAI Darussalam Lampung, Metro, Indonesia²

kartikaekapertiwi@fkip.unila.ac.id¹, anitaoktaviana611@gmail.com²

Abstract

Pembelajaran matematika di pendidikan dasar di Indonesia bersifat prosedural, berfokus pada penghafalan rumus, dan kurang memberikan pengalaman bermakna kepada siswa dibuktikan dengan hasil penelitian bahwa peserta didik kesulitan dalam memahami konsep karena materi disampaikan secara abstrak, tanpa melibatkan aktivitas fisik atau representasi visual yang mendukung pemahaman konseptual. Idealnya, pembelajaran matematika di tingkat pendidikan dasar dirancang dengan mempertimbangkan cara berpikir anak yang melibatkan tubuh, gerak, dan persepsi sensorik, salah satunya adalah *embodied design*. Penelitian ini dilakukan karena belum ditemukan penelitian di Indonesia yang secara eksplisit mengembangkan atau mengimplementasikan pendekatan *Embodied design* dalam pembelajaran matematika di pendidikan dasar. Penelitian ini merupakan studi pustaka yang bersifat deskriptif kualitatif dengan mengidentifikasi sumber-sumber yang dikumpulkan melalui penelusuran literatur melalui database jurnal relevan, mengklasifikasikan berdasarkan tema (definisi, penerapan, kelebihan, tantangan), serta mensintesis hasil temuan menjadi kesimpulan yang sistematis. *Embodied design* merupakan sebuah paradigma pembelajaran yang menyentuh tubuh, pikiran, dan nilai. *Embodied design* dalam konteks pembelajaran matematika pendidikan dasar merupakan pendekatan yang multidimensi, yang menekankan bahwa berpikir adalah tindakan yang terjadi dalam, melalui, dan bersama tubuh dalam lingkungan social diintegrasikan dengan pengalaman sensorimotor, pemaknaan konseptual, dan keterlibatan reflektif siswa. Dengan mempertimbangkan konteks pendidikan dasar Indonesia, pendekatan ini dapat menjadi solusi atas tantangan pembelajaran matematika yang masih dominan berfokus pada prosedur simbolik. Penggunaan *gesture*, analogi tubuh, serta proyek kreatif yang bersifat reflektif dapat mendorong lahirnya pembelajaran yang lebih manusiawi dan bermakna.

Kata kunci: *Embodied design*, Pembelajaran Matematika, Pendidikan Dasar

PENDAHULUAN

Pembelajaran matematika di pendidikan dasar di Indonesia terus menghadapi tantangan serius dalam hal kualitas dan efektivitas. Terutama dalam menyampaikan konsep abstrak kepada peserta didik yang masih berada dalam tahap perkembangan operasional konkret. Siswa cenderung kesulitan memahami materi apabila disampaikan secara simbolik atau abstrak tanpa keterlibatan langsung. Berdasarkan hasil survei Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 yang dirilis oleh OECD, kemampuan matematika siswa Indonesia menempati peringkat ke-68 dari 81 negara peserta. Rata-rata skor matematika siswa Indonesia adalah 366, jauh di bawah rata-rata OECD yang

sebesar 472, dan hanya 27% siswa Indonesia yang mencapai atau melampaui tingkat kompetensi minimum dalam matematika (OECD, 2023). Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa Indonesia belum mampu menerapkan pengetahuan matematika secara fleksibel dan kontekstual untuk memecahkan masalah nyata.

Fenomena ini tidak terlepas dari pendekatan pembelajaran matematika yang bersifat prosedural, berfokus pada penghafalan rumus, dan kurang memberikan pengalaman bermakna kepada siswa. Dibuktikan dengan hasil penelitian bahwa peserta didik kesulitan dalam memahami konsep [1], serta terdapat juga faktor sosial dan emosional yang muncul [2]. Di pendidikan dasar, siswa mengalami kesulitan memahami konsep matematika karena materi disampaikan secara abstrak, tanpa melibatkan aktivitas fisik atau representasi visual yang mendukung pemahaman konseptual [3]. Padahal secara kognitif, siswa usia pendidikan dasar lebih mudah memahami konsep matematika melalui pengalaman konkret, manipulatif, dan aktivitas yang melibatkan tubuh mereka secara langsung.

Idealnya, pembelajaran matematika di tingkat pendidikan dasar dirancang dengan mempertimbangkan cara berpikir anak yang melibatkan tubuh, gerak, dan persepsi sensorik. Salah satu pendekatan yang relevan untuk mengatasi tantangan tersebut adalah *embodied design*. Pendekatan ini menekankan pentingnya keterlibatan tubuh (gestur, gerak, manipulasi objek) dalam proses belajar. Berdasarkan teori *embodied cognition*, proses berpikir manusia dipengaruhi oleh pengalaman fisik dan interaksi sensorimotor dengan lingkungan. Oleh karena itu, pembelajaran matematika yang melibatkan aktivitas tubuh dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa. Pendekatan *Embodied design* telah dikembangkan dalam berbagai penelitian internasional sebagai solusi untuk menjembatani kesenjangan antara pengalaman konkret dan konsep abstrak dalam matematika. Di sisi lain, perubahan kebijakan pendidikan di Indonesia yang berdampak pada perubahan kurikulum secara berkala, menuntut guru untuk terus beradaptasi dalam strategi pembelajaran. Dalam konteks ini, *Embodied design* menjadi pendekatan yang fleksibel dan berpotensi untuk diintegrasikan dalam berbagai model pembelajaran.

Namun demikian, berdasarkan kajian pustaka, belum ditemukan penelitian di Indonesia yang secara eksplisit mengembangkan atau mengimplementasikan pendekatan *Embodied design* dalam pembelajaran matematika di pendidikan dasar. Padahal, pendekatan ini berpotensi menjawab permasalahan rendahnya pemahaman konseptual siswa dalam matematika dan mendukung pembelajaran yang lebih aktif, bermakna, serta kontekstual. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi pustaka untuk mengeksplorasi potensi *Embodied design* dalam pembelajaran matematika, terutama dalam mengembangkan pemahaman konseptual siswa pendidikan dasar. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam memperkaya alternatif pendekatan pembelajaran matematika

yang lebih sesuai dengan karakteristik siswa, serta memperkuat landasan praktik pendidikan berbasis bukti di Indonesia.

METODE

Penelitian ini merupakan studi pustaka yang bersifat deskriptif kualitatif. Data diperoleh dari buku ilmiah, artikel jurnal nasional dan internasional, prosiding, dan dokumen akademik lainnya yang relevan. Data dikumpulkan melalui penelusuran literatur melalui database jurnal. Analisis dilakukan secara kualitatif dengan mengidentifikasi sumber-sumber yang relevan, mengklasifikasikan berdasarkan tema (definisi, penerapan, kelebihan, tantangan), serta mensintesis hasil temuan menjadi kesimpulan yang sistematis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Teori *Embodied Cognition* dan *Embodied design*

Lindgaard dan Wesselius menawarkan pendekatan *embodied cognition* yang menekankan pentingnya perasaan tubuh (*felt sense*), pengalaman metaforis, dan representasi visual dalam proses berpikir [4]. Mereka mengkritik desain berpikir konvensional yang terlalu menekankan rasionalitas formal, dan menyarankan agar kita melihat aktivitas berpikir sebagai proses reflektif tubuh-pikiran. *Embodied cognition* adalah pendekatan teoretis yang menempatkan tubuh sebagai bagian integral dari proses berpikir dan belajar. Konsep ini menolak pandangan tradisional bahwa kognisi hanya terjadi di otak, dan menekankan pentingnya interaksi sensorimotor dalam membentuk pemahaman. *Embodied design*, sebagai penerapan dari teori ini dalam pendidikan, mengarahkan perancang pembelajaran untuk menciptakan aktivitas yang secara sadar melibatkan tubuh sebagai media untuk membangun makna konseptual.

Embodied design memiliki dua pendekatan utama: berbasis aksi dan berbasis persepsi [5]. Pendekatan berbasis aksi melibatkan manipulasi fisik atau gestur tertentu untuk menyelesaikan tugas kognitif, sedangkan pendekatan berbasis persepsi menitikberatkan pada pengalaman visual atau spasial yang mengarahkan perhatian siswa ke elemen-elemen penting dalam pembelajaran. Pendekatan ini menekankan bahwa pengalaman sensorimotor bukan tujuan akhir, tetapi sebagai fondasi bagi perkembangan makna matematis melalui diskursus multimodal bersama tutor atau teman sejawat[6]. Alberto memperkenalkan tiga pilar utama dalam urutan pembelajaran *embodied* yang efektif: 1) *Acting step*: Siswa menyelesaikan masalah kontrol motorik melalui gerakan tubuh. 2) *Reflecting step*: Siswa merefleksikan dan mendeskripsikan pengalaman sensorimotor mereka. 3)

Quantifying step: Siswa mentransformasikan pengalaman tersebut ke bentuk formal seperti angka, simbol, atau alat ukur [6].

2. *Embodied design* dalam Pembelajaran Matematika

Embodied design telah dapat diterapkan dalam pembelajaran matematika yang dirancang untuk merangsang gerakan tangan bimanual, bayangan cahaya, dan nomogram interaktif [7]. Aktivitas ini memungkinkan siswa membangun pemahaman terhadap tiga dimensi functional thinking yakni input dan output, kovariasi, dan korespondensi. Konteks visual dan kinestetik dalam pembelajaran matematika berperan penting menggeser pemahaman siswa dari konkret ke abstrak. Temuan dari Alberto memperkuat pendapat bahwa siswa dapat membentuk pemahaman konsep matematika (seperti rasio atau parabola) melalui penemuan spontan koordinasi gerakan tubuh, didukung oleh umpan balik instan[6]. Makna konsep abstrak terbentuk dari pengalaman tubuh yang bersifat metaforis, misalnya: "memahami ide" berasal dari pengalaman fisik memegang sesuatu. "*Felt sense*" adalah pengalaman menyeluruh tubuh terhadap ketepatan atau ketidaktepatan suatu gagasan yang mendasari intuisi siswa dalam menyelesaikan masalah. Proses desain (dan pembelajaran) adalah siklus gestalt (melihat secara menyeluruh) dan partikularisasi (melihat secara detail) yang didukung oleh alat seperti sketsa atau manipulatif konkret[4].

Dimensi penting dalam praktik guru melalui studi yang mengeksplorasi bagaimana guru SD memfasilitasi "*embodied abstraction*" dalam geometri[8]. Guru tidak hanya menciptakan pengalaman fisik, tetapi juga menggunakan praktik pedagogis seperti *revoicing multimodal* (mengulang pendapat siswa secara verbal dan gestural), *candidate understanding* (mengonfirmasi atau menegosiasi makna), dan penciptaan "*attentional anchors*" (titik fokus perseptual untuk membantu konseptualisasi). Guru mengarahkan siswa untuk membentuk koneksi antara pengalaman fisik dengan representasi formal matematika secara reflektif.

3. *Embodied Constructionism* untuk Pendidikan Teknologi dan STEM

Studi oleh Dai memperluas cakupan *Embodied design* ke ranah literasi AI dan STEM di pendidikan dasar [9]. Lebih lanjut Dai mengembangkan pendekatan *plugged* yang menggabungkan aktivitas *unplugged* (gerakan tubuh untuk memodelkan proses AI) dan *plugged* (pemrograman proyek dengan Scratch). Pendekatan ini menekankan siklus belajar "*understand make reflect*" untuk menghubungkan analogi tubuh dengan proses komputasi dan membangun refleksi etis tentang teknologi. Metanalisis Zhang et al., menunjukkan bahwa teknologi seperti VR, simulasi interaktif, dan sensor gerak dapat memperkuat efek *embodied learning*, terutama bila digabung dengan interaksi tubuh penuh dan desain reflektif [10].

Acevedo et al. mengembangkan pengalaman belajar dalam IVR untuk memfasilitasi pemahaman konsep partikel bermuatan (*charged particles, CP*) dan medan listrik (*electric field, EF*). Mereka merancang lingkungan belajar yang menggabungkan: 1) Gerakan tubuh nyata (misalnya: menggerakkan tangan dan menjangkau objek), 2) Visualisasi medan gaya dan garis gaya, 3) Umpan balik haptik (getaran) sebagai representasi intensitas gaya [11].

Desain ini mengikuti prinsip *Embodied design* dari Abrahamson & Lindgren, dengan kegiatan seperti eksplorasi objek virtual dengan tangan, Interaksi berbasis *affordances* (fitur interaktif yang dapat dipahami tubuh), pengamatan perubahan medan akibat posisi partikel, refleksi berbasis prediksi dan validasi dari pengalaman langsung[5]. Temuan menunjukkan bahwa IVR berbasis *Embodied design* meningkatkan representasi konseptual abstrak seperti gaya dan interaksi partikel, memfasilitasi transisi dari eksplorasi motorik ke penalaran simbolik, mendukung siswa dengan tingkat pengetahuan awal yang rendah untuk tetap membangun pemahaman yang berarti.

Dai menunjukkan bahwa *Embodied design* tidak hanya memperkuat pemahaman konseptual dan keterampilan teknis, tetapi juga membantu siswa membangun kesadaran etis [9]. Anak-anak dilibatkan dalam diskusi tentang diskriminasi algoritmik, bias data, dan dampak keputusan AI. Ini membuka potensi baru bahwa *Embodied design* tidak hanya berguna untuk pembelajaran matematika tradisional, tetapi juga sebagai jembatan menuju literasi digital yang bermakna.

4. *Embodied design* dalam Pembelajaran Matematika melalui Gerak Budaya

Apsari & Abrahamson memperkenalkan pendekatan “*dancing geometry*”, yakni desain pembelajaran geometri berbasis *embodied* yang mengintegrasikan tari tradisional Bali dengan konsep garis bantu (*auxiliary lines*) [12]. Pendekatan ini bertolak dari observasi bahwa dalam tari, penari secara alami menciptakan struktur linier imajiner disebut *attentional anchors* untuk membantu koordinasi gerakan. Konsep ini diadaptasi ke pendidikan matematika, sehingga siswa diajak mengimajinasikan dan memanifestasikan garis bantu untuk mendukung pemahaman sudut, bentuk dua dimensi, dan transformasi geometris. Penggunaan GRiD (*auxiliary lines*) alas lantai berpetak yang dilengkapi alat bantu seperti stiker, benang, dan sedotan sebagai media siswa untuk menyatakan garis bantu secara konkret, merefleksikan pergerakan mereka menjadi bentuk geometris, memahami konflik perspektif (*V-shape vs L-shape*) dalam representasi sudut siku-siku. Desain ini menunjukkan bagaimana praktik budaya lokal bisa dimanfaatkan untuk mengembangkan pemahaman konseptual dalam geometri pendidikan dasar, sembari mendorong siswa terlibat dalam argumen kolaboratif multimodal. Diethelm memandang design thinking sebagai proses *embodied* yang menyatu antara pikiran, tubuh, lingkungan, dan budaya[13]. Proses berpikir tidak semata hasil kognisi mental, melainkan hasil interaksi tubuh-pikiran-dunia dalam situasi kompleks yang menuntut perubahan.

5. Pendekatan *Digital-embodied* untuk Pengembangan Functional Thinking

Penelitian oleh Wei memperluas praktik *Embodied design* ke dalam desain pembelajaran berbasis teknologi digital yang mendalam [7]. Studi tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran fungsi matematika melalui lingkungan *digital-embodied* (seperti nomogram interaktif) memungkinkan siswa untuk mengembangkan tiga aspek *functional thinking* (FT) secara signifikan: input–output (IO), kovariasi (COV), dan korespondensi (COR). Interaksi langsung dengan visualisasi digital tersebut menstimulasi *loop persepsi–aksi* yang memperkuat pemahaman matematis. Mereka juga menunjukkan bahwa keterlibatan sensorimotor siswa secara aktif memungkinkan transisi yang mulus dari pengalaman konkret ke abstraksi matematis.

6. *Embodied Learning* dalam Konteks Pembelajaran Jarak Jauh

Penelitian Shvarts & van Helden memperluas ranah *Embodied design* ke dalam pembelajaran jarak jauh, dengan menekankan bagaimana koordinasi sensorimotor tetap dapat dikembangkan melalui teknologi interaktif seperti tablet, meskipun tanpa kehadiran guru secara langsung [14]. Penelitian tersebut mengembangkan serangkaian tugas pembelajaran fungsi sinus berbasis *embodied action-based design* yang terdiri atas: 1) Tugas motorik sensorik (*Type 1*): siswa menemukan aturan melalui gerakan yang memperoleh umpan balik visual (warna hijau). 2) Tugas refleksi (*Type 2*): siswa merefleksikan strategi *embodied* mereka dan menerjemahkannya ke dalam wacana matematis. 3) Tugas matematis (*Type 3*): siswa mengaplikasikan koordinasi yang telah dikuasai untuk menyelesaikan soal. Desain ini mengikuti prinsip penundaan notasi matematis sampai koordinasi motorik terbentuk, penguatan loop persepsi dan aksi dalam konteks artefak digital, pengembangan “sistem fungsional tubuh artefak” dalam memahami konsep. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun *embodied learning* dilakukan secara asinkron dengan tutor jarak jauh, siswa tetap dapat membangun pengalaman *embodied* yang bertahan dan menjadi dasar konseptualisasi fungsi trigonometri beberapa hari kemudian.

7. *Embodied Cognition* dalam Desain Lingkungan

Chen et al. memperluas konsep *embodied cognition* dari ranah pendidikan dan psikologi ke bidang perencanaan ruang kota dan arsitektur, khususnya dalam desain ruang hijau informal di daerah dingin. Mereka menunjukkan bahwa pengalaman tubuh manusia di lingkungan tertentu (berdasarkan valence-arousal model) dapat diukur dan digunakan untuk mengevaluasi desain ruang berdasarkan respon emosi dan fisiologi pengguna [15]. Dengan menggunakan indikator seperti Blink frequency (frekuensi kedipan) sebagai penanda *valensi emosional*, dan *Electrodermal activity* (EDA) sebagai penanda *arousal*. Penelitian ini mengkonfirmasi bahwa interaksi tubuh dengan lingkungan

membentuk persepsi dan penilaian kognitif secara langsung. Temuan ini memberikan dasar kuat bahwa lingkungan belajar, termasuk ruang kelas, alat bantu visual, atau media digital, sebaiknya dirancang mempertimbangkan respon tubuh dan emosi siswa. *Embodied cognition* bukan hanya prinsip pedagogik, tetapi juga prinsip desain lingkungan belajar yang responsif terhadap tubuh dan persepsi.

Pembahasan

Berdasarkan hasil studi pustaka dari berbagai artikel mutakhir, *Embodied design* terbukti sebagai pendekatan pedagogis yang tidak hanya relevan, namun juga efektif dalam konteks pembelajaran matematika di pendidikan dasar. Dari analisis mendalam terhadap beberapa artikel ilmiah dapat ditarik sejumlah dimensi penting yang saling mendukung dalam menjelaskan keberhasilan pendekatan ini.

1. Kekuatan Representasional dari Gerakan Tubuh dan Lingkungan Fisik

Wei menunjukkan bagaimana desain pembelajaran berbasis gesture dan interaksi bimanual dalam konteks fungsi matematika mendorong pemahaman tiga aspek fundamental: input–output, kovariasi, dan korespondensi [7]. Melalui alat digital interaktif dan visualisasi berbasis cahaya dan bayangan, siswa tidak hanya “melihat” fungsi secara abstrak, tetapi “merasakan” bagaimana hubungan matematis terbentuk. Hal ini mempertegas bahwa *embodied learning* mendukung transisi dari pengalaman konkret menuju abstraksi simbolik secara alami. Aktivitas seperti “*keep the arrow green*” dan “*domain-range*” dalam antarmuka digital menuntut koordinasi tangan yang mengaktifkan pemahaman spasial, sekaligus memberi umpan balik visual langsung [7]. Proses ini menunjukkan pentingnya kombinasi antara alat digital, gestur bimanual, dan mediasi visual untuk menginternalisasi konsep fungsi.

Gagasan dari Lindgaard dan Wesselius mengkognisi Metaforis dan Rasa Tubuh dalam pembelajaran matematis yang memperkuat gagasan bahwa pembelajaran matematis tidak hanya rasional, tetapi sangat dipengaruhi oleh proses afektif dan sensorimotor [4]. Siswa “merasakan” apakah suatu solusi masuk akal sebelum mereka bisa menjelaskannya secara simbolik. Konsep ini sejalan dengan fenomena di kelas matematika SD, di mana siswa sering kali mengatakan, “ini rasanya benar” sebelum bisa memformulasikan alasannya. Dalam *embodied design*, aktivitas manipulatif seperti memutar bentuk, menggeser blok, atau berdiri pada garis dapat memicu perasaan kesesuaian (*sense of fit*) yang membantu membentuk pemahaman konsep. Emosi dan intuisi bukanlah gangguan dalam belajar, tapi bagian esensial dari berpikir matematis.

Diethelm menekankan bahwa belajar melalui *Embodied design* bukan sekadar aktivitas mekanis, tetapi penciptaan makna baru melalui keterlibatan penuh tubuh, perasaan, dan konteks [13].

Dalam konteks pembelajaran matematika di SD siswa tidak hanya belajar “simbol” tetapi mengalami ide matematika sebagai tindakan dan makna yang dirasakan (*felt meaning*). Representasi seperti gestur, model konkret, atau narasi kontekstual bukan hanya bantuan visual, tetapi bagian dari proses berpikir itu sendiri. Proses mendesain pembelajaran juga harus mempertimbangkan situasi hidup siswa sebagai lahan subur lahirnya pemahaman baru.

Temuan lain memperluas pendekatan *embodied* dengan mengintegrasikannya dengan budaya [5]. Hasilnya menunjukkan bahwa siswa dapat membangun argumentasi geometris dari pengalaman gerak, proses berpikir geometris dimediasi oleh perspektif tubuh, bukan hanya simbol formal, serta konflik perspektif (seperti melihat bentuk segi empat sebagai belah ketupat atau persegi) justru menjadi momen belajar penting ketika siswa berdiskusi dan bernegosiasi secara sosial. Studi ini sangat relevan untuk konteks Indonesia karena mengangkat potensi etnomatematika dalam pembelajaran *embodied*. Dalam pengamatan mereka, siswa kelas 5 di Bali mampu mentransformasikan koordinasi sensorimotor tari menjadi penalaran geometris eksplisit, bahkan tanpa alat digital. Ini menunjukkan bahwa pendekatan *embodied* bisa dilaksanakan dengan alat sederhana, berbasis budaya lokal, dan sangat kontekstual di pendidikan dasar.

Hasil penelitian Chen menyatakan bahwa lingkungan yang menyenangkan dan terjaga meningkatkan valensi emosional, sementara tata letak ruang yang aktif dan bervegetasi beragam meningkatkan arousal [15]. Ini paralel dengan pembelajaran *embodied*, di mana dalam mendesain ruang belajar memperhatikan pergerakan tubuh, kedekatan fisik terhadap alat bantu, atau kesempatan fisik untuk mengeksplorasi akan meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa. Sama seperti pada ruang hijau informal, pengalaman fisik di ruang belajar dapat menimbulkan respons afektif yang memperkuat pembentukan konsep. Dengan demikian, *embodied cognition* dapat dipertimbangkan juga dalam desain fisik ruang kelas, permainan matematika, atau perangkat interaktif, bukan hanya pada isi pelajaran.

2. Peran Guru dalam Memediasi *Embodied abstraction*

Boonstra melengkapi perspektif Wei dengan menyoroti dimensi interaksi pedagogis antara guru dan siswa. Guru tidak hanya bertindak sebagai fasilitator teknis, tetapi juga sebagai agen kognitif yang mengarahkan atensi siswa pada aspek-aspek penting dari pengalaman *embodied* mereka [8]. Strategi seperti *revoicing multimodal* dan penciptaan *attentional anchors* memungkinkan siswa untuk membentuk konsep matematis secara reflektif berdasarkan apa yang mereka lakukan dan lihat. Ini mengindikasikan bahwa *Embodied design* tidak akan optimal tanpa intervensi guru yang terlatih dan peka terhadap dinamika gesture, persepsi, dan makna.

3. Jembatan ke Literasi STEM dan Etika Teknologi

Kontribusi dari Dai sangat krusial karena memperluas cakupan *embodied design* ke ranah yang lebih kompleks: kecerdasan buatan (AI). Ia merancang pendekatan “*plugged*” di mana siswa SD menggunakan tubuh mereka untuk memahami proses adaptif AI sebelum masuk ke proyek pemrograman berbasis Scratch. Pembelajaran tidak berhenti pada penguasaan teknis, tetapi dikembangkan ke arah refleksi etis tentang bias data, diskriminasi algoritmik, dan tanggung jawab social [9]. Ini menunjukkan bahwa *embodied design* juga dapat menciptakan ruang bagi pembelajaran yang bersifat kritis, holistik, dan bermakna secara sosial.

Temuan lain menyatakan bahwa akses pada manipulasi fisik dalam IVR memungkinkan siswa melihat, merasakan, dan bereksperimen dengan konsep abstrak secara konkret [11]. Gerakan tubuh, seperti memindahkan partikel atau merespons getaran, menstimulasi *perceptuomotor schemas* yang membentuk dasar konseptual peserta didik. Simulasi yang memberikan umpan balik visual-haptik secara langsung mempercepat keterhubungan antara tindakan fisik dan pemahaman teoretik.

4. *Embodied Learning* pada Pembelajaran Jarak Jauh

Penelitian Shvarts & van Helden menunjukkan bahwa prinsip *Embodied design* tetap efektif diterapkan pada pembelajaran jarak jauh, selama desain pembelajaran mampu menyediakan umpan balik sensorik real-time, memfasilitasi refleksi aktif dari siswa, menunda simbolisasi sampai pengalaman *embodied* terbentuk [14]. Meskipun studi mereka dilakukan pada siswa SMP dan SMA, prinsip-prinsip yang digunakan (misalnya “gerakan untuk menjaga layar tetap hijau”) dapat dimodifikasi untuk siswa SD, seperti: menggunakan aplikasi tablet sederhana yang merespons sentuhan dengan warna, mengintegrasikan alat seperti penggaris cahaya, lingkaran tangan, atau koordinasi dua tangan di lantai kelas untuk mendalami konsep fungsi atau transformasi bentuk.

KESIMPULAN

Embodied design bukan sekadar metode, tetapi sebuah paradigma pembelajaran yang menyentuh tubuh, pikiran, dan nilai. *Embodied design* dalam konteks pembelajaran matematika pendidikan dasar merupakan pendekatan yang multidimensi, yang menekankan bahwa berpikir adalah tindakan yang terjadi dalam, melalui, dan bersama tubuh dalam lingkungan social diintegrasikan dengan pengalaman sensorimotor, pemaknaan konseptual, dan keterlibatan reflektif siswa.

Rasa pada tubuh dan pengalaman tubuh di ruang tertentu memiliki implikasi langsung terhadap motivasi belajar dan kualitas pemahaman yang mendukung desain yang memperhatikan struktur, alat bantu fisik, dan lingkungan visual [15]. Aktivitas fisik yang dirancang secara sadar

mampu menjembatani antara pengalaman konkret siswa dengan konsep matematika abstrak [7]. Peran guru sangat penting dalam mengarahkan makna melalui praktik seperti *revoicing multimodal* dan *candidate understanding* [8]. *Embodied design* tidak terbatas pada pembelajaran matematika konvensional, tetapi juga dapat memperkuat literasi STEM dan nilai-nilai etis melalui proyek terintegrasi [9] serta dapat berbasis praktik budaya lokal seperti tari, dan efektif memfasilitasi pemahaman spasial dan argumentasi matematis melalui aktivitas tubuh [12]. Kekuatan lingkungan digital *embodied* dapat merangsang gesture dan koordinasi tubuh untuk mendukung functional thinking[7]. *Embodied design* efektif bahkan dalam pembelajaran jarak jauh jika dirancang dengan prinsip penguatan aksi-persepsi dan penundaan simbolisasi [14].

Dengan mempertimbangkan konteks pendidikan dasar Indonesia, pendekatan ini dapat menjadi solusi atas tantangan pembelajaran matematika yang masih dominan berfokus pada prosedur simbolik. Penggunaan gesture, analogi tubuh, serta proyek kreatif yang bersifat reflektif dapat mendorong lahirnya pembelajaran yang lebih manusiawi dan bermakna.

REFERENCES

- [1] Andri, D. Cahyadi Wibowo, and Y. Agia, "Analisis Kesulitan Belajar Matematika Kelas V SD Negeri 25 Rajang Begantung II," Nov. 2020.
- [2] A. Aulia, A. A. Putri, and K. Kowiyah, "Analisis Kesulitan Belajar Matematika pada Materi Bilangan dan Pengukuran Siswa Kelas II Sekolah Dasar Jakarta," *Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 1, no. 2, p. 9, Jan. 2024, doi: 10.47134/ppm.v1i2.305.
- [3] I. Nurhikmayati, "Kesulitan Siswa Berpikir Abstrak Matematika Dalam Pembelajaran Problem Posing Berkelompok," *Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 2, no. 2, pp. 159–176, 2017.
- [4] K. Lindgaard and H. Wesselius, "Once More, with Feeling: Design Thinking and Embodied Cognition," *She Ji*, vol. 3, no. 2, pp. 83–92, Jun. 2017, doi: 10.1016/j.sheji.2017.05.004.
- [5] D. Abrahamson and R. Lindgren, "Embodiment and embodied design," in *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences, Second Edition*, Cambridge University Press, 2014, pp. 358–376. doi: 10.1017/CBO9781139519526.022.
- [6] R. Alberto, A. Shvarts, P. Drijvers, and A. Bakker, "Action-based embodied design for mathematics learning: A decade of variations on a theme," Jun. 01, 2022, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.ijcci.2021.100419.
- [7] H. Wei, R. Bos, and P. Drijvers, "Developing Functional Thinking: from Concrete to Abstract Through an Embodied Design," *Digital Experiences in Mathematics Education*, Dec. 2024, doi: 10.1007/s40751-024-00142-z.
- [8] K. Boonstra, M. Kool, A. Shvarts, and P. Drijvers, "Primary school teachers' practices for fostering embodied abstraction in geometry," *Journal of Mathematics Teacher Education*, Jun. 2025, doi: 10.1007/s10857-025-09702-5.
- [9] Y. Dai, "Integrating unplugged and plugged activities for holistic AI education: An embodied constructionist pedagogical approach," *Educ Inf Technol (Dordr)*, Apr. 2024, doi: 10.1007/s10639-024-13043-w.
- [10] R. L. Zhang, S. yu Yu, R. feng GAO, L. fei Wang, and X. chun He, "How does technology-based embodied learning affect learning effectiveness?—Based on a

- systematic literature review and meta-analytic approach,” *Interactive Learning Environments*, 2025, doi: 10.1080/10494820.2025.2479176.
- [11] P. Acevedo, A. J. Magana, Y. Walsh, H. Will, B. Benes, and C. Mousas, “Embodied immersive virtual reality to enhance the conceptual understanding of charged particles: A qualitative study,” *Computers & Education: X Reality*, vol. 5, p. 100075, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.cexr.2024.100075.
- [12] R. Ayu Apsari and D. Abrahamson, “Dancing geometry: imagining auxiliary lines by reflecting on physical movement,” 2024, *Taylor and Francis Ltd.* doi: 10.1080/0020739X.2024.2427099.
- [13] J. Diethelm, “Embodied Design Thinking,” Mar. 01, 2019, *Tongji University Press*. doi: 10.1016/j.sheji.2019.02.001.
- [14] A. Shvarts and G. van Helden, “Embodied learning at a distance: from sensory-motor experience to constructing and understanding a sine graph,” *Math Think Learn*, vol. 25, no. 4, pp. 409–437, 2023, doi: 10.1080/10986065.2021.1983691.
- [15] J. Chen, Y. Ban, W. Pan, and Z. Liao, “Optimal design of informal green spaces in cold-region settlements: an embodied cognition perspective,” *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 2024, doi: 10.1080/13467581.2024.2373820.