

PENGEMBANGAN MODEL PEMBELAJARAN GEOMETRI KARAWO DULOHUPA (GEOKADU) BERBASIS ETNOMATEMATIKA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN VISUALISASI SPASIAL MURID SEKOLAH DASAR

Andi Marshanawiah¹, Gamar Abdullah², Nurfadliyah³, Yulyanti Malapo⁴
Jurusan Pendidikan Guru Sekolah Dasar^{1,2,3,4}, Fakultas Ilmu Pendidikan^{1,2,3,4},
Universitas Negeri Gorontalo^{1,2,3,4}
andimarshanawiah@ung.ac.id¹

Abstrak

Pembelajaran geometri di sekolah dasar memerlukan kegiatan yang membantu murid menghubungkan bentuk, pola, posisi dan transformasi dengan objek yang dekat dengan kehidupan mereka. Penelitian ini bertujuan menghasilkan Model GEOKADU berbasis etnomatematika yang valid, praktis dan efektif untuk meningkatkan kemampuan visualisasi spasial murid kelas IV SD. Penelitian menggunakan *Design-Based Research* (DBR) yang dilanjutkan dengan kuasi eksperimen berdesain *nonequivalent control group*. Tahap formatif melibatkan 16 murid SDN 79 Kota Tengah. Pengujian komparatif di SDN 90 Sipatana mencakup 16 murid kelas eksperimen dan 15 murid kelas kontrol. Data dikumpulkan melalui angket validasi, observasi keterlaksanaan, angket respons dan tes visualisasi spasial. Persentase keseluruhan hasil validasi terhadap sepuluh komponen sebesar 94,21% (504 dari 535 poin), dengan kategori sangat layak. Pada uji coba, keterlaksanaan meningkat dari 73,33% menjadi 83,33%, lalu tercatat 90,00% dan 95,00% pada kelas eksperimen. Respons guru dan murid pada tahap eksperimen masing-masing mencapai 93,33% dan 91,88%. Di kelas eksperimen, skor rerata meningkat dari 54,38 menjadi 86,09 (N-gain 0,704); di kelas kontrol, skor rerata meningkat dari 55,33 menjadi 70,17 (N-gain 0,339). Setelah *pretest* dikontrol, ANCOVA menghasilkan selisih *posttest* setelah penyesuaian sebesar 16,93 poin. Pengaruh kelompok tercatat $F(1,28) = 55,41$ dengan $p < 0,001$ dan ukuran efek besar. Temuan pada sampel ini mendukung penggunaan GEOKADU dan memperlihatkan keunggulan capaian spasial dibanding kondisi pembandingan.

Kata Kunci: GEOKADU, etnomatematika, geometri, visualisasi spasial, sekolah dasar

A. Pendahuluan

Geometri di sekolah dasar tidak cukup diajarkan sebagai kumpulan nama bangun dan rumus. Murid perlu belajar mengenali bentuk dari sudut pandang yang berbeda, membandingkan bagian-bagiannya, membaca pola, serta membayangkan perubahan posisi dan orientasi. Kegiatan tersebut melibatkan visualisasi spasial,

yaitu kemampuan membentuk, mempertahankan, dan memanipulasi representasi objek dalam pikiran. Kemampuan ini mendukung pemahaman geometri dan pemecahan masalah sehari-hari (Herawati & Hariyani, 2024). Hubungan antara kemampuan spasial dan kemampuan geometri juga ditemukan pada penelitian korelasional, sehingga pengalaman belajar yang memberi ruang bagi penalaran spasial perlu disiapkan secara sengaja (Maghfiroh & Qothrunnada, 2024).

Penyajian visual dapat membantu murid mengubah informasi abstrak menjadi relasi yang lebih mudah diamati. Meta-analisis Schoenherr et al. (2024) menunjukkan bahwa intervensi visualisasi memberi pengaruh positif terhadap pembelajaran matematika, meskipun manfaatnya bergantung pada rancangan tugas dan cara visual digunakan. Visual yang hanya berfungsi sebagai hiasan tidak otomatis memperkuat pemahaman. Murid perlu diminta menelusuri, membandingkan, menggambar, melengkapi, memutar, dan menjelaskan objek agar visual menjadi alat berpikir.

Hasil pengamatan awal dan wawancara guru pada penelitian ini memperlihatkan bahwa pembelajaran geometri masih didominasi buku, gambar statis, dan penjelasan guru. Murid kelas IV memerlukan bantuan ketika membedakan segiempat, membaca pola dan simetri, serta membayangkan transformasi. Aktivitas visual spasial juga belum tersusun sebagai rangkaian yang berangkat dari objek konkret menuju representasi dan konsep formal. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masalahnya bukan semata-mata kekurangan media, tetapi belum adanya model yang mengatur tujuan, urutan aktivitas, peran guru, perangkat, dan asesmen secara terpadu.

Sejumlah pengembangan sebelumnya memberi pijakan bagi rancangan tersebut. Media e-Tangram berbasis Android membantu murid mempelajari bangun datar melalui aktivitas visual yang lebih interaktif (Marshanawiah et al., 2023). Pengembangan 3D-Geo AR Cards kemudian memperlihatkan bahwa objek geometri yang dapat diamati dan dimanipulasi mendukung pemahaman konsep yang bersifat abstrak (Marshanawiah, Abdullah, Saleh, Arif, & Liliernawati, 2025). Pengalaman penerapan gamifikasi juga menunjukkan pentingnya partisipasi aktif, umpan balik, dan tantangan yang sesuai dengan kemampuan murid (Marshanawiah, Abdullah, Saleh, Nurfadliah, & Arif, 2025). Di sisi lain, kajian terhadap calon guru

sekolah dasar menemukan bahwa kemampuan menghubungkan teknologi dengan konten tertentu masih perlu diperkuat (Nurfadiah et al., 2025). Temuan-temuan ini mengarahkan pengembangan dari media yang berdiri sendiri menuju model pembelajaran yang lebih utuh.

Etnomatematika dipilih sebagai landasan kontekstual karena menempatkan gagasan matematika dalam aktivitas, simbol, dan artefak budaya. Pendekatan ini tidak berhenti pada penyebutan unsur budaya, tetapi menghubungkan pengetahuan yang berkembang di masyarakat dengan konsep matematika sekolah (Rosa & Gavarrete, 2017). Dalam konteks Gorontalo, motif Karawo menampilkan pengulangan bentuk, simetri, translasi, refleksi, rotasi, dan komposisi. Eksplorasi Kobandaha et al. (2025) menguatkan keberadaan konsep transformasi pada pola sulaman Karawo. Arsitektur Dulohupa juga menyediakan representasi segitiga, trapesium, jajargenjang, persegi panjang, kesejajaran, dan simetri. Pembelajaran berbasis kearifan lokal Gorontalo telah dilaporkan dapat mendukung pemahaman matematika (Pongoliu, 2025), tetapi artefak budaya tetap memerlukan pengolahan pedagogis agar sesuai dengan tujuan dan perkembangan murid.

Kajian tentang Karawo dan budaya Gorontalo umumnya memusatkan perhatian pada identifikasi konsep matematika atau penggunaan konteks lokal dalam satu rangkaian pembelajaran. Masih terbatas penelitian yang menyatukan motif Karawo dan arsitektur Dulohupa dalam satu model yang menyelaraskan alur pembelajaran, interaksi kelas, respons guru, perangkat pendukung, sasaran hasil, dan paket asesmen. Bukti tentang validitas, kepraktisan, dan efektivitas model terhadap visualisasi spasial murid SD juga belum memadai. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar pengembangan GEOKADU, akronim dari Geometri Karawo Dulohupa.

Alur GEOKADU terdiri atas enam tahap. Kegiatan diawali dengan orientasi masalah melalui budaya, dilanjutkan eksplorasi artefak, penemuan unsur geometri, penyajian secara visual, perumusan konsep, kemudian refleksi dan penguatan. Kebaruan penelitian terletak pada penggunaan dua artefak budaya Gorontalo dalam satu alur belajar, penempatan visualisasi spasial sebagai hasil instruksional utama, dan pengujian berurutan melalui pengembangan iteratif dan kuasi eksperimen. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan proses pengembangan GEOKADU,

menilai validitas dan kepraktisannya, serta menguji perbedaan kemampuan visualisasi spasial antara murid yang belajar dengan GEOKADU dan murid yang mengikuti pembelajaran pembandingan.

B. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan *Design-Based Research* (DBR) yang dilanjutkan dengan kuasi eksperimen berdesain *nonequivalent control group*. DBR dipilih karena memungkinkan produk pembelajaran dirancang, diuji, direfleksi, dan disempurnakan berdasarkan masalah yang muncul saat digunakan. Karakter iteratif tersebut sesuai untuk menghasilkan model yang memiliki dasar konseptual sekaligus dapat dilaksanakan di kelas (Tinoca et al., 2022). Pengembangan terdiri atas empat tahap. Tahap pertama mencakup studi pendahuluan dan analisis masalah. Tahap kedua meliputi analisis kebutuhan, kajian capaian pembelajaran dan tujuan pembelajaran, karakteristik murid, serta eksplorasi etnomatematika Karawo dan Dulohupa. Pada tahap ketiga, prototipe dirancang lalu diperiksa ahli, diuji secara terbatas, direfleksikan, dan disempurnakan. Tahap keempat meliputi uji efektivitas dan finalisasi model beserta perangkatnya.

Tahap uji formatif mengikutsertakan 16 murid kelas IV di SDN 79 Kota Tengah. Uji efektivitas dilaksanakan di SDN 90 Sipatana dengan menggunakan dua kelas utuh yang telah tersedia. Kelas eksperimen terdiri atas 16 murid dan menggunakan GEOKADU, sedangkan kelas kontrol terdiri atas 15 murid dan mengikuti pembelajaran pembandingan. Dampak model dinilai melalui *pretest* dan *posttest* pada dua kelas utuh yang tidak diacak (*nonequivalent control group*). Data uji coba digunakan sebagai bukti formatif untuk memperbaiki desain, sedangkan kesimpulan efektivitas didasarkan pada perbandingan kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Prototipe GEOKADU memuat rasional dan enam sintaks, pengaturan interaksi, respons guru, perangkat pendukung, serta dampak instruksional dan pengiring. Paketnya terdiri atas modul ajar atau RPM, bahan ajar, LKM, media, lembar observasi, angket respons, dan tes visualisasi spasial. Validitas dinilai melalui sepuluh angket skala 1-5 yang mencakup model, materi geometri SD, integrasi etnomatematika, serta modul ajar atau RPM. Komponen lain yang diperiksa ialah media, LKM, bahan ajar, angket respons, tes visualisasi spasial, dan lembar

observasi keterlaksanaan. Penilaian dilakukan oleh seorang ahli materi serta seorang ahli perangkat dan instrumen. Catatan kualitatif validator digunakan untuk menata ulang istilah, petunjuk, stimulus visual, alokasi waktu, dan rubrik.

Bukti kepraktisan diperoleh dari pengamatan 12 indikator selama dua pertemuan. Penilaian pengguna dihimpun melalui angket guru dan angket murid, masing-masing berisi 12 butir. Skor validasi, observasi, dan respons diubah menjadi persentase dengan membagi skor yang diperoleh dengan skor maksimum, kemudian dikalikan 100%. Rentang 81-100% pada instrumen digunakan untuk kategori sangat layak, sangat baik, atau sangat positif sesuai jenis data. Temuan pada hari pertama uji coba dibahas bersama guru dan digunakan untuk memperbaiki ukuran visual, kejelasan petunjuk LKM, pembagian peran kelompok, dan penanda waktu.

Efektivitas diukur dengan paket *pretest* dan *posttest* setara yang terdiri atas 10 butir uraian atau gambar. Setiap butir diberi skor 0-4 berdasarkan rubrik analitik. Skor mentah maksimum 40 selanjutnya dinyatakan pada rentang 0-100. Kesepuluh soal menilai kemampuan membedakan bentuk secara visual, relasi ruang, pengenalan pola, simetri atau refleksi, rotasi mental, *visual closure*, penyusunan dan penguraian bentuk, serta penggambaran. Peningkatan dihitung menggunakan N-gain. Kategori N-gain diadaptasi dari Hake (1998), yakni tinggi jika $g \geq 0,70$, sedang jika $0,30 \leq g < 0,70$, dan rendah jika $g < 0,30$.

Analisis efektivitas utama menggunakan ANCOVA. Skor akhir berperan sebagai variabel terikat, kondisi pembelajaran sebagai faktor, dan skor awal sebagai kovariat pada taraf signifikansi 0,05. Kelayakan model diuji melalui kesetaraan skor awal, homogenitas kemiringan regresi, normalitas residu, dan kesamaan varians residu. Pelaporan mencakup estimasi rerata hasil penyesuaian, perbedaan antarkelompok, interval kepercayaan 95%, statistik F, nilai p, koefisien determinasi, dan *partial eta squared*. Uji t berpasangan digunakan untuk menggambarkan perubahan di dalam masing-masing kelas, sedangkan perbandingan N-gain digunakan sebagai analisis pendukung.

C. Hasil dan Pembahasan

Pengembangan dan karakteristik Model GEOKADU

Analisis kebutuhan menghasilkan empat keputusan desain. Pertama, budaya ditempatkan sebagai sumber investigasi, bukan sebagai ilustrasi tambahan. Kedua, tugas disusun dari pengamatan bentuk yang tampak menuju operasi visual-spasial yang lebih menuntut, seperti melengkapi pola, menentukan sumbu simetri, dan membayangkan transformasi. Ketiga, kerja kelompok digunakan agar murid dapat membandingkan alasan dan representasi. Keempat, tujuan, media, LKM, dan asesmen diselaraskan dengan aktivitas pada setiap tahap model.

Motif Karawo menyediakan unit persegi, persegi panjang, belah ketupat, jajargenjang, diagonal, pengulangan, simetri, dan transformasi. Bagian atap, dinding, pintu, jendela, fasad, tiang, dan tangga Dulohupa dipetakan sebagai representasi dua dimensi untuk membahas segitiga, trapesium, jajargenjang, persegi panjang, kesejajaran, simetri bilateral, dan pola. Pemetaan ini membedakan ciri geometris pada objek budaya dari definisi bangun geometri. Murid diarahkan menandai ciri yang relevan, menyebutkan batas representasi, kemudian menjelaskan alasan klasifikasinya.

Prototipe awal mempertahankan enam sintaks sampai tahap final. Perubahan utama terjadi pada kejelasan peran guru dan murid, pertanyaan penuntun, keluaran setiap tahap, serta alokasi waktu. Tabel 1 menyajikan sintaks final dan kegiatan inti. Pelaksanaan dibagi ke dalam dua sesi, masing-masing berdurasi 70 menit. Sesi pertama mengajak murid menelaah ragam dan atribut bangun datar pada Karawo. Sesi berikutnya mengolah pola, simetri, transformasi, komposisi, dan representasi dengan Karawo serta Dulohupa.

Tabel 1. Sintaks final Model GEOKADU

Tahap	Sintaks	Aktivitas inti
1	Orientasi budaya dan masalah kontekstual	Guru menghadirkan Karawo atau Dulohupa, menyampaikan tujuan, menggali pengalaman awal, dan mengajukan pertanyaan pemantik.
2	Eksplorasi objek budaya	Murid mengamati, menelusuri, dan menandai objek menggunakan media, bahan ajar, dan LKM.
3	Identifikasi unsur geometri	Murid mengelompokkan temuan berdasarkan ciri, hubungan, dan istilah geometri bangun datar.

Tahap	Sintaks	Aktivitas inti
4	Visualisasi dan representasi	Murid menggambar, melengkapi pola, menentukan simetri, serta membayangkan translasi, refleksi, atau rotasi.
5	Konstruksi konsep	Kelompok mempresentasikan hasil; guru membandingkan strategi, meluruskan miskonsepsi, dan memformalkan konsep.
6	Refleksi, aplikasi, dan penguatan	Murid menjelaskan hubungan budaya dan matematika, mengerjakan evaluasi singkat, serta merangkum pembelajaran.

Validitas dan penyempurnaan produk

Penilaian ahli menempatkan seluruh komponen pada kategori sangat layak. Persentase keseluruhan hasil validasi terhadap sepuluh komponen sebesar 94,21% (504 dari 535 poin). Integrasi etnomatematika dan media memperoleh persentase tertinggi, masing-masing 96,00%. Tes visualisasi spasial memperoleh persentase terendah, yaitu 92,00%, tetapi tetap berada pada kategori sangat layak. Sebaran nilai yang relatif rapat menunjukkan bahwa kelayakan model tidak hanya bertumpu pada tampilan media, melainkan juga pada materi, perangkat, tes, dan instrumen penggunaan.

Tabel 2. Hasil validasi Model GEOKADU dan perangkat pendukung

Komponen	Skor	Persentase	Kategori
Model pembelajaran	66/70	94,29%	Sangat layak
Materi geometri SD	52/55	94,55%	Sangat layak
Integrasi etnomatematika	48/50	96,00%	Sangat layak
Modul ajar/RPM	52/55	94,55%	Sangat layak
Bahan ajar	56/60	93,33%	Sangat layak
LKM	52/55	94,55%	Sangat layak
Media	48/50	96,00%	Sangat layak
Tes visualisasi spasial	46/50	92,00%	Sangat layak
Observasi keterlaksanaan	42/45	93,33%	Sangat layak
Angket respons	42/45	93,33%	Sangat layak
Keseluruhan	504/535	94,21%	Sangat layak

Validator tetap meminta revisi meskipun semua persentase berada pada kategori tinggi. Revisi model memperjelas aktivitas guru dan murid serta bentuk scaffolding pada setiap sintaks. Materi dibatasi pada relasi spasial, bangun datar,

transformasi, simetri, dan pola. Petunjuk LKM disederhanakan, ruang jawaban diperbaiki, dan contoh pengerjaan ditambahkan. Stimulus tes ditata ulang agar tidak memberi petunjuk jawaban, sedangkan rubrik 0-4 dibuat lebih operasional. Pada media, menu dipadatkan, kesalahan istilah diperbaiki, dan contoh jajargenjang diganti agar ciri bentuk terbaca lebih jelas.

Kepraktisan dan respons pengguna

Keterlaksanaan pada uji coba meningkat dari 73,33% pada hari pertama menjadi 83,33% pada hari kedua. Perbaikan yang dilakukan setelah hari pertama terutama menyangkut cara menampilkan media, petunjuk pengisian LKM, pembagian peran dalam kelompok, dan pengendalian waktu. Setelah perangkat direvisi, keterlaksanaan pada kelas eksperimen mencapai 90,00% pada pertemuan pertama dan 95,00% pada pertemuan kedua. Rerata 92,50% menunjukkan bahwa keenam sintaks dapat dijalankan secara konsisten dalam waktu yang tersedia.

Tabel 3. Keterlaksanaan dan respons pengguna terhadap GEOKADU

Tahap	Indikator	Nilai	Kategori
Uji coba	Keterlaksanaan hari 1	73,33%	Baik
Uji coba	Keterlaksanaan hari 2	83,33%	Sangat baik
Uji coba	Respons guru	83,33%	Sangat positif
Uji coba	Respons murid	81,77%	Sangat positif
Eksperimen	Keterlaksanaan hari 1	90,00%	Sangat baik
Eksperimen	Keterlaksanaan hari 2	95,00%	Sangat baik
Eksperimen	Respons guru	93,33%	Sangat positif
Eksperimen	Respons murid	91,88%	Sangat positif

Respons guru meningkat 10,00 poin persentase, dari 83,33% pada uji coba menjadi 93,33% pada tahap eksperimen. Respons murid juga meningkat dari 81,77% menjadi 91,88%. Pada uji coba, butir yang paling memerlukan perbaikan adalah pemahaman instruksi LKM (73,75%), tugas menggambar atau melengkapi bentuk (76,25%), dan keterbacaan media (78,75%). Setelah revisi, nilai masing-masing indikator menjadi 86,25% untuk instruksi, 87,50% untuk tugas visual, dan 93,75% untuk media. Peningkatan pada butir-butir tersebut sejalan dengan perbaikan petunjuk LKM, tugas visual, dan media yang dilakukan setelah uji coba.

Efektivitas terhadap visualisasi spasial

Data uji coba memperlihatkan kenaikan rata-rata dari 58,12 menjadi 74,69 dengan N-gain 0,397. Hasil ini digunakan untuk menilai perkembangan awal dan memperbaiki model, bukan sebagai dasar inferensi efektivitas. Pada pengujian utama, rata-rata *pretest* kelas eksperimen sebesar 54,38 dan kelas kontrol sebesar 55,33. Perbedaannya tidak signifikan, $t(29) = -0,49$, $p = 0,627$. Rata-rata *posttest* kelas eksperimen mencapai 86,09, sedangkan kelas kontrol 70,17. Kenaikan pada kelas eksperimen sebesar 31,72 poin, lebih dari dua kali kenaikan kelas kontrol sebesar 14,83 poin.

Tabel 4. Statistik deskriptif *pretest* dan *posttest*

Kelompok	n	<i>Pretest</i> M $\pm$ SD	<i>Posttest</i> M $\pm$ SD	Gain M $\pm$ SD	N-gain	Kategori
Uji coba	16	58,12 $\pm$ 4,43	74,69 $\pm$ 5,91	16,56 $\pm$ 5,31	0,397	Sedang
Eksperimen	16	54,38 $\pm$ 5,44	86,09 $\pm$ 8,66	31,72 $\pm$ 6,69	0,704	Tinggi
Kontrol	15	55,33 $\pm$ 5,42	70,17 $\pm$ 8,15	14,83 $\pm$ 5,63	0,339	Sedang

N-gain kelas eksperimen mencapai 0,704 dan termasuk kategori tinggi, dengan sembilan murid pada kategori tinggi serta tujuh murid pada kategori sedang. N-gain kelas kontrol sebesar 0,339 dan termasuk kategori sedang, terdiri atas sembilan murid kategori sedang dan enam kategori rendah. Perbedaan N-gain antara kedua kelas signifikan; $t(29) = 6,51$ dan $p < 0,001$. Uji *t* berpasangan menunjukkan bahwa skor kedua kelas meningkat, yaitu $t(15) = 18,96$, $p < 0,001$ pada kelas eksperimen dan $t(14) = 10,21$, $p < 0,001$ pada kelas kontrol. Karena kedua kelas sama-sama mengalami peningkatan, analisis ANCOVA digunakan untuk menilai perbedaan hasil setelah kemampuan awal dikendalikan.

Seluruh asumsi ANCOVA terpenuhi. Uji homogenitas kemiringan regresi menghasilkan $F(1,27) = 0,04$, $p = 0,852$; normalitas residu menghasilkan $p = 0,246$; dan homogenitas varians residu menghasilkan $p = 0,789$. Rerata *posttest* setelah penyesuaian skor awal pada kelas eksperimen sebesar 86,58 dan kelas kontrol 69,65. Estimasi perbedaan kedua kelompok adalah 16,93 poin. Batas bawah dan atas interval 95% masing-masing 12,27 dan 21,59. Faktor kelompok berpengaruh signifikan, $F(1,28) = 55,41$, $p < 0,001$, dengan *partial eta squared* 0,664 yang menunjukkan ukuran efek besar. Model menjelaskan 72,3% variasi skor *posttest*.

Tabel 5. Pemeriksaan asumsi dan hasil ANCOVA

Parameter	Hasil	Keputusan atau interpretasi
Kesetaraan pretest	$t(29) = -0,49; p = 0,627$	Tidak berbeda signifikan
Homogenitas kemiringan	$F(1,27) = 0,04; p = 0,852$	Asumsi terpenuhi
Normalitas residu	Shapiro-Wilk $p = 0,246$	Asumsi terpenuhi
Homogenitas varians residu	Levene $p = 0,789$	Asumsi terpenuhi
Rerata setelah penyesuaian eksperimen	86,58 [83,35; 89,82]	Lebih tinggi
Rerata setelah penyesuaian kontrol	69,65 [66,31; 72,99]	Lebih rendah
Selisih setelah penyesuaian	16,93 [12,27; 21,59]	Mendukung GEOKADU
Efek kelompok	$F(1,28) = 55,41; p < 0,001$	Signifikan
Ukuran efek	Partial eta squared = 0,664	Besar
Daya jelas model	$R^2 = 0,723; R^2 \text{ terkoreksi} = 0,703$	72,3% variasi <i>posttest</i>

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan hubungan yang konsisten antara kualitas desain, kepraktisan, dan hasil belajar. Validasi yang tinggi memberi dasar bahwa rasional model, isi geometri, konteks budaya, perangkat, serta instrumen telah selaras. Namun, kelayakan ahli belum dianggap cukup. Siklus uji coba memperlihatkan bahwa petunjuk yang terlalu padat, visual yang kurang jelas, dan pembagian waktu dapat menghambat model yang secara konseptual baik. Kenaikan keterlaksanaan dan respons setelah revisi memperlihatkan fungsi DBR sebagai proses perbaikan berbasis penggunaan, sebagaimana ditekankan oleh Tinoca et al. (2022).

Keunggulan GEOKADU terletak pada hubungan langsung antara objek budaya dan tindakan kognitif spasial. Murid tidak hanya melihat motif Karawo atau bentuk Dulohupa, tetapi menelusuri sisi, menandai sudut, membandingkan ciri, menemukan unit berulang, melengkapi motif, menentukan simetri, membayangkan putaran, dan menyusun representasi. Rangkaian kegiatan tersebut sejalan dengan temuan bahwa visualisasi memberi manfaat ketika terintegrasi dengan tugas matematika yang menuntut pemrosesan aktif (Schoenherr et al., 2024). Pola Karawo yang memuat transformasi (Kobandaha et al., 2025) dan representasi geometri pada Dulohupa memberi bahan yang cukup beragam untuk melatih proses tersebut tanpa melepaskan materi dari lingkungan budaya murid.

Konteks budaya dalam penelitian ini berfungsi sebagai sumber masalah dan representasi, bukan dekorasi. Posisi ini sesuai dengan etnomatematika yang menghubungkan praktik budaya dan pengetahuan matematika sekolah (Rosa & Gavarrete, 2017). Guru tetap berperan menjaga ketepatan definisi dan membantu murid membedakan objek nyata dari model geometrinya. Cara tersebut penting karena bagian bangunan atau motif tidak selalu merupakan bangun ideal. Dengan meminta murid menjelaskan alasan klasifikasi, model mengurangi risiko penggunaan budaya secara permukaan. Temuan positif pada sampel penelitian juga sejalan dengan laporan Pongoliu (2025) mengenai potensi pembelajaran matematika berbasis kearifan lokal Gorontalo.

Perbedaan *posttest* setelah penyesuaian skor awal sebesar 16,93 poin dan ukuran efek yang besar mendukung efektivitas GEOKADU dalam konteks penelitian. Hasil ini memperluas pengembangan sebelumnya yang berfokus pada media e-Tangram (Marshanawiah et al., 2023) dan 3D-Geo AR Cards (Marshanawiah, Abdullah, Saleh, Arif, & Liliernawati, 2025). GEOKADU mengatur media ke dalam alur pedagogis yang menetapkan apa yang diamati murid, bagaimana temuan dibahas, kapan konsep diformalkan, dan bagaimana kemampuan spasial dinilai. Dengan demikian, kontribusi penelitian bukan pada penggunaan artefak budaya semata, melainkan pada rancangan model yang menghubungkan budaya, tindakan visual-spasial, interaksi kelas, dan asesmen.

Interpretasi hasil perlu memperhatikan keterbatasan penelitian. Uji efektivitas hanya melibatkan 31 murid dari dua kelas yang telah terbentuk, durasi intervensi dua pertemuan, dan lokasi penelitian terbatas pada dua sekolah. ANCOVA membantu mengendalikan perbedaan kemampuan awal, tetapi tidak menggantikan randomisasi. Penelitian juga belum mengukur ketahanan hasil belajar setelah intervensi berakhir dan belum membandingkan perubahan pada setiap indikator visualisasi spasial secara terpisah. Replikasi dengan sekolah yang lebih beragam, waktu pembelajaran lebih panjang, dan tes retensi diperlukan sebelum model digunakan sebagai dasar generalisasi yang lebih luas.

D. Kesimpulan

Model GEOKADU berhasil dikembangkan sebagai model pembelajaran geometri kelas IV yang mengintegrasikan motif Karawo dan arsitektur Dulohupa

melalui enam sintaks. Model beserta perangkatnya memperoleh validitas 94,21%, keterlaksanaan 90,00% hingga 95,00%, respons guru 93,33%, dan respons murid 91,88%. Kelas eksperimen mencapai N-gain 0,704, sedangkan kelas kontrol 0,339. Pengendalian terhadap skor awal menghasilkan keunggulan *posttest* setelah penyesuaian sebesar 16,93 poin bagi kelas eksperimen. Hasil ANCOVA menegaskan perbedaan tersebut. Nilai $F(1,28)$ mencapai 55,41 dengan $p < 0,001$ dan ukuran efek besar. Bukti tersebut menunjukkan bahwa GEOKADU memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif pada sampel penelitian.

Penerapan berikutnya perlu mempertahankan ketepatan representasi budaya, petunjuk LKM yang ringkas, visual yang mudah diamati, pembagian peran kelompok, dan waktu untuk refleksi. Pengujian pada jumlah sekolah yang lebih besar, durasi yang lebih panjang, serta pengukuran retensi diperlukan untuk menilai kestabilan pengaruh model dan memperluas dasar penggunaannya.

Daftar Pustaka

- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Herawati, & Hariyani, M. (2024). Spatial thinking ability in elementary school. *PIONIR: Jurnal Pendidikan*, 13(1), 157–168. <https://doi.org/10.22373/pjp.v13i1.23002>
- Kobandaha, P. E., Arief, I., Ibrahim, N. F., & A, W. T. (2025). Ethnomathematical exploration of the traditional fabric of Karawo Gorontalo in relation to the concept of transformation geometry. *BAREKENG: Journal of Mathematics and Its Applications*, 19(1), 119–128. <https://doi.org/10.30598/barekengvol19iss1pp119-128>
- Maghfiroh, S. U., & Qothrunnada, I. (2024). Mathematical spatial ability and geometry ability: A correlation study. *International Journal of Scientific Research and Management*, 12(12), 558–566. <https://doi.org/10.18535/ijprm/v12i12.m01>
- Marshanawiah, A., Abdullah, G., Saleh, M., Arif, R. M., & Liliernawati. (2025). Pengembangan 3D-Geo AR Cards untuk meningkatkan pemahaman konsep matematis siswa sekolah dasar. *Cokroaminoto Journal of Primary Education*, 8(3), 1346–1358. <https://doi.org/10.30605/cjpe.8.3.2025.6860>

- Marshanawiah, A., Abdullah, G., Saleh, M., Nurfadliah, & Arif, R. M. (2025). Transformasi pembelajaran geometri dan pengukuran melalui gamifikasi: Meningkatkan kreativitas, logika dan minat belajar siswa sekolah dasar. *Abdimas: Papua Journal of Community Service*, 7(2), 74–81. <https://doi.org/10.33506/pjcs.v7i2.4626>
- Marshanawiah, A., Ningsih, S., Alwi, N. M., Nurdyanti, A., & Dukei, N. (2023). Pengembangan media e-Tangram geometri berbasis Android pada materi bangun datar di sekolah dasar. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran*, 6(4), 141–148. <https://doi.org/10.31004/jrpp.v6i4.19839>
- Nurfadliah, Marshanawiah, A., & Katili, S. (2025). Analysis of pre-service teachers' proficiency levels of technological, pedagogical, and content knowledge in primary education. In F. Aryani, E. Faridah, W. K. S. Achmad, Suardi, E. S. Sahabuddin, A. F. Syamsuddin, A. N. Alfatih, I. R. Qarimah, & M. Amirullah (Eds.), *Proceedings of the 1st International Conference on Educational Science and Teacher Education (ICESTE 2025)* (Vol. 960, pp. 137–148). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-489-1_12
- Pongoliu, Y. H. (2025). The effectiveness of Gorontalo local wisdom-based ethnomathematics in enhancing mathematics understanding. *Journal La Edusci*, 6(1), 79–94. <https://doi.org/10.37899/journallaedusci.v6i1.2161>
- Rosa, M., & Gavarrete, M. E. (2017). An ethnomathematics overview: An introduction. In M. Rosa, L. Shirley, M. E. Gavarrete, & W. V. Alangui (Eds.), *Ethnomathematics and its diverse approaches for mathematics education* (pp. 3–19). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59220-6_1
- Schoenherr, J., Strohmaier, A. R., & Schukajlow, S. (2024). Learning with visualizations helps: A meta-analysis of visualization interventions in mathematics education. *Educational Research Review*, 45, Article 100639. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2024.100639>
- Tinoca, L., Piedade, J., Santos, S., Pedro, A., & Gomes, S. (2022). Design-based research in the educational field: A systematic literature review. *Education Sciences*, 12(6), Article 410. <https://doi.org/10.3390/educsci12060410>