



INTEGRASI TEKNOLOGI DAN KEARIFAN LOKAL DALAM PEMBELAJARAN GEOMETRI



**PUSTAKA
MEDIA
PUBLISHING**

Khoiruddin Matondang, S.Pd., M.Pd.
Ulfa Annisa Lubis, S.Pd., M.Pd.
Nita Syahputri, S.Kom., M.Kom.
Prof.Dr. Sahat Saragih, M.Pd.
Risna Mira Bella Saragih, S.Pd., M.Pd.
Dr. Zainal Azis., MM., M.Si.
Rahmi Khoirun Nisa

INTEGRASI TEKNOLOGI DAN KEARIFAN LOKAL DALAM PEMBELAJARAN GEOMETRI

Khoiruddin Matondang, S.Pd., M.Pd.
Ulfa Annisa Lubis, S.Pd., M.Pd.
Nita Syahputri, S.Kom., M.Kom.
Prof.Dr. Sahat Saragih, M.Pd.
Risna Mira Bella Saragih, S.Pd., M.Pd.
Dr. Zainal Azis., MM., M.Si.
Rahmi Khoirun Nisa



INTEGRASI TEKNOLOGI DAN KEARIFAN LOKAL
DALAM PEMBELAJARAN GEOMETRI

Penulis:

Khoiruddin Matondang, S.Pd., M.Pd.
Ulfa Annisa Lubis, S.Pd., M.Pd.
Nita Syahputri, S.Kom., M.Kom.
Prof.Dr. Sahat Saragih, M.Pd.
Risna Mira Bella Saragih, S.Pd., M.Pd.
Dr. Zainal Azis., MM., M.Si.
Rahmi Khoirun Nisa

ISBN: 978-634-04-5232-7 (PDF)

Editor

Dr. Dedy Juliandri Panjaitan, M.Si.

Desain Sampul dan Tata Letak
Bayu Arnanda

Penerbit

Pustaka Media Publishing
Jl. Balai Desa No.10-16G, Medan 20148
Telp. 0813-6182-1460
email: pustakamediapublishing@gmail.com
www.pusmed.com
Anggota IKAPI No. 093/SUT/2024

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang
Ketentuan Pidana Pasal 112-119
Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta.

Copyright @2025

v + 78 hlm; 18 x 25,7 cm

PRAKATA

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga buku yang berjudul “**Integrasi Teknologi dan Kearifan Lokal dalam Pembelajaran Geometri**” ini dapat diselesaikan. Buku ini disusun sebagai referensi akademik sekaligus panduan praktis bagi pendidik, calon guru, dan pemerhati pendidikan matematika yang ingin memahami serta menerapkan pendekatan pembelajaran geometri yang relevan dengan perkembangan teknologi dan nilai-nilai budaya lokal.

Perkembangan teknologi digital telah menghadirkan peluang besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika, termasuk geometri yang menuntut kemampuan visual-spasial dan pemahaman konseptual. Namun demikian, kemajuan teknologi perlu diimbangi dengan pelestarian nilai-nilai kearifan lokal agar pembelajaran tidak terlepas dari konteks budaya peserta didik. Integrasi kedua aspek ini diharapkan dapat menciptakan pembelajaran yang bermakna, kontekstual, serta berakar pada identitas budaya bangsa.

Buku ini terdiri dari tujuh bab yang diawali dengan pembahasan teori belajar matematika dan teori berpikir geometri, kemudian dilanjutkan dengan pengintegrasian teknologi serta nilai-nilai etnomatematika dalam pembelajaran. Pada bagian akhir, disajikan implementasi konkret melalui studi kasus dan strategi desain pembelajaran berbasis teknologi dan budaya lokal, khususnya dalam konteks Sumatera Utara.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga kehadiran buku ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan inovasi pembelajaran geometri yang selaras antara kemajuan teknologi dan kearifan budaya bangsa.

Medan, November 2025

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1 TEORI BELAJAR MATEMATIKA	1
A. Konsep Dasar Teori Belajar Matematika	1
B. Teori Kognitif dalam Pembelajaran Matematika	5
BAB 2 TEORI BELAJAR GEOMETRI	10
A. Teori Van Hiele tentang level berpikir geometri	10
B. Teori APOS (Action, Process, Object, Schema)	11
C. Pembelajaran Berbasis Visual-Spasial dalam Geometri	13
BAB 3 PEMAHAMAN KONSEP DAN PROSES BERPIKIR GEOMETRI	15
A. Proses Berpikir Geometri tingkat SMA	15
B. Hubungan antara Pemahaman Konseptual dan Prosedural	16
C. Implikasi Teori Belajar dalam Pengajaran Geometri	18
D. Pentingnya Pendekatan Kontekstual dan Berbasis Masalah	21
BAB 4 INTEGRASI TEKNOLOGI DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA	23
A. <i>Hybrid Learning</i> dalam Pembelajaran Matematika	23
B. <i>Best Practice Hybrid Learning</i> dalam Pembelajaran Matematika	25
C. Implikasi <i>Hybrid Learning</i> terhadap Penguasaan Konsep Geometri	29
BAB 5 ETNOMATEMATIKA DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA	32
A. Etnomatematika dalam Pembelajaran Matematika Kontemporer	33
B. Peran Etnomatematika sebagai Pendekatan Kontekstual dalam Pembelajaran	35
BAB 6 KEARIFAN LOKAL DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA	37
A. Definisi kearifan lokal dan karakteristiknya	37
B. Relevansi Nilai-Nilai Budaya Lokal dalam Pembelajaran Abad 21	38
C. Kearifan Lokal Sumatera Utara yang Terkait dengan Konsep Matematika	39
D. Kontekstualisasi Geometri Melalui Budaya Lokal Sumatera Utara	42

E. Strategi Pedagogis untuk Mengintegrasikan Budaya dalam Pembelajaran Geometri	45
F. Integrasi Teknologi dan Budaya dalam Pembelajaran Geometri.....	45
G. Relevansi Budaya Lokal dalam Pembelajaran Geometri.....	48
H. Peran konteks budaya dalam memfasilitasi pemahaman konsep abstrak	50
I. Teknologi Digital untuk Representasi Geometri Berbasis Budaya.....	52
BAB 7 IMPLEMENTASI PEMBELAJARAN GEOMETRI MELALUI INTEGRASI TEKNOLOGI DAN KEARIFAN LOKAL.....	55
A. Strategi Desain Pembelajaran di Kelas	55
B. Studi Kasus Integrasi Ornamen Istana Maimun dalam Pembelajaran Matematika	57
C. Analisis Hasil Penerapan Pendekatan Integrasi Teknologi dan Kearifan Lokal dalam Pembelajaran Matematika	61
D. Aktivitas Belajar dalam Model Pembelajaran Matematika Berbasis Integrasi Teknologi dan Kearifan Lokal.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	66

BAB 1

TEORI BELAJAR MATEMATIKA

A. Konsep Dasar Teori Belajar Matematika

Belajar matematika adalah suatu kegiatan mental yang kompleks dimana individu aktif membangun pemahaman konseptual melalui proses interaksi antara struktur kognitif yang telah ada dengan pengetahuan baru yang diperoleh. Menurut Bruner, pembelajaran matematika terdiri dalam memahami konsep-konsep dan struktur-struktur matematika serta mengembangkan hubungan antarkonsep yang telah ada dalam memori jangka panjang siswa, sehingga terjadi integrasi pengetahuan baru ke dalam struktur mental yang lebih kompleks

Pandangan konstruktivis ini diperkuat oleh teori bahwa belajar sejatinya adalah proses konstruksi makna, bukan sekadar serapan informasi pasif. Sementara itu, dalam kacamata kognitif yang lebih luas, (Erath et al., 2021) menyatakan bahwa “belajar adalah proses menciptakan hubungan antara sesuatu (pengetahuan) yang sudah dipahami dan sesuatu (pengetahuan) yang baru” Penekanan pada keterkaitan antar-pengetahuan menunjukkan bahwa pembelajaran matematika idealnya menjadi sebuah proses aktif membentuk skemata berjenjang dalam benak siswa.

Dari perspektif pendidikan kontemporer, (Ye et al., 2023) menyatakan bahwa matematika lebih dari sekadar simbol dan angka; belajar matematika mencakup penalaran abstrak yang mencerminkan aktivitas manusiawi dalam menemukan pola, struktur, serta solusi logis atas permasalahan. Hal ini menunjukkan bahwa belajar matematika juga merupakan usaha menginternalisasi logika formal untuk diaplikasikan dalam konteks kontekstual maupun teoritis. Maka dari itu, hasil belajar matematika bukan hanya dilihat dari kemampuan siswa menjawab soal, melainkan sejauh mana siswa mampu menghubungkan, menerapkan, dan memecahkan masalah dengan memanfaatkan konsep matematika secara fleksibel. Belajar matematika yang bermakna sejajar dengan

teori Ausubel, yaitu belajar yang melibatkan pemahaman dan asosiasi konsep dalam konteks yang relevan secara kognitif dan afektif.

1. Prinsip belajar konseptual

Prinsip belajar konseptual menekankan pembangunan pemahaman akan gagasan, relasi, dan struktur matematis (misalnya keterkaitan antara operasi, sifat, dan representasi), bukan sekadar penguasaan langkah penyelesaian (Engeness, 2021). Dalam kerangka ini, “pengetahuan konseptual” dipahami sebagai pengetahuan mengenai prinsip yang abstrak dan umum yang memungkinkan peserta didik mengenali mengapa suatu prosedur bekerja, kapan ia relevan, serta bagaimana ia terhubung dengan konsep lain. Literatur mutakhir menegaskan perbedaan yang tegas antara jenis pengetahuan (konseptual vs. prosedural) dan mengingatkan agar kualitas keterkaitan tidak disamakan dengan jenis pengetahuan itu sendiri. Dengan perbedaan yang lebih disiplin ini, penelitian dapat lebih tepat menguji bagaimana kedua jenis pengetahuan berkembang dan saling memengaruhi dalam pembelajaran matematika.

Secara empiris, pengetahuan konseptual kerap menjadi landasan yang memfasilitasi penemuan dan pemaknaan prosedur. Ketika siswa memahami ide inti misalnya sifat kesetaraan, konservasi nilai, atau struktur operasi mereka lebih mampu membangun, menjelaskan, dan menyesuaikan prosedur untuk masalah baru. Namun temuan (Irshid et al., 2023) menunjukkan bahwa hubungan antara konseptual dan prosedural bersifat dua arah: kemajuan pada keterampilan prosedural (melalui berlatih memecahkan soal dan menggeneralisasi langkah) juga dapat mendorong pendalaman pemahaman konseptual. Dengan kata lain, tidak tepat memandang jalur perkembangan sebagai “satu arah” dari konseptual ke prosedural; kedua jenis pengetahuan cenderung saling memperkuat jika dirancang dan diukur secara cermat.

Implikasi pedagogis dari prinsip konseptual ini adalah perlunya perancangan urutan belajar yang iteratif menganyam pengenalan ide inti dengan eksplorasi contoh-pengecualian, representasi berganda, dan tugas yang meminta penjelasan “mengapa”. Penelitian intervensi yang mengiterasi pelajaran konsep dan prosedur menemukan bahwa pengurutan yang tidak kaku misalnya siklus konsep → prosedur → kembali ke konsep melalui pembenaran dapat mengoptimalkan

penguasaan dan transfer. Pendekatan ini sekaligus mengurangi dikotomi semu antara “mengerti dulu, baru berlatih” versus “berlatih dulu, baru mengerti”, karena bukti menunjukkan kedua jalur dapat efektif ketika dirancang saling menopang.

2. Prinsip belajar prosedural

Prinsip belajar prosedural menitikberatkan pada pengembangan keterampilan menjalankan prosedur secara benar, efisien, dan fleksibel (Yulianto & Hidayanto, 2022). Dalam kerangka kajian terbaru, prosedural tidak direduksi menjadi “hafalan langkah” semata. Rekontekstualisasi pengetahuan prosedural sebagai kemampuan yang mencakup pilihan strategi, adaptasi langkah terhadap variasi masalah, serta fleksibilitas prosedural yaitu mengetahui lebih dari satu cara, memahami kelebihan-kekurangannya, dan memilih strategi yang paling sesuai dengan tujuan dan konteks. Dengan demikian, kualitas prosedural dinilai dari kedalaman dan keluwesan penggunaan, bukan sekadar keberhasilan memperoleh jawaban.

Kualitas prosedural yang demikian justru sangat terkait dengan pemahaman konseptual; keduanya bukan domain yang terpisah. Ketika siswa berlatih prosedur dalam ragam konteks dan diminta menjelaskan rasionalnya, mereka membangun koneksi antara langkah operasional dan prinsip yang mendasari. Bukti longitudinal dan eksperimental menunjukkan bahwa penguatan prosedural (melalui latihan terarah, studi contoh dikerjakan/“worked examples”, serta diskusi tentang kapan dan mengapa suatu prosedur dipilih) memprediksi kenaikan pemahaman konseptual di waktu berikutnya sebesar penguatan konseptual memprediksi kemajuan prosedural. Dengan demikian, pengajaran prosedural yang kaya penjelasan dan perbandingan strategi dapat menjadi wahana yang sah untuk menumbuhkan pengertian, bukan lawannya (Lestari et al., 2018).

Secara didaktik, prinsip prosedural menuntut desain tugas yang menonjolkan pemilihan strategi (strategy choice) dan perbandingan metode (strategy comparison) (Risi & Togelius, 2020). Misalnya, pada aljabar linear sederhana, guru dapat mendorong siswa membandingkan eliminasi, substitusi, dan representasi grafis, kemudian merefleksikan efisiensi relatifnya pada kelas masalah tertentu. Penekanan pada alasan pemilihan (rationale) dan adaptasi (adaptivity) semacam ini

sejalan dengan argumentasi Star bahwa “prosedural mendalam” (deep procedural knowledge) adalah pasangan alami dari pengetahuan konseptual dan keduanya perlu dirancang berkembang selaras.

3. Prinsip belajar reflektif

Prinsip reflektif berfokus pada metakognisi perencanaan, pemantauan, dan evaluasi proses berpikir saat memecahkan masalah matematika (Mardhiyah et al., 2021)¹. Kemampuan memonitor pemahaman, mengevaluasi kemajuan, dan mengatur strategi berkorelasi kuat dengan kinerja matematis. Metakognisi membantu siswa menghentikan strategi buntu, mengalihkan pendekatan, dan menjustifikasi langkah berdasarkan tujuan dan kendala masalah. Dengan kata lain, refleksi bukan aktivitas tambahan pasca-penyelesaian, tetapi bagian integral dari pemecahan masalah yang ahli.

Literatur meta-teoretis dan tinjauan bidang memperluas temuan ini: riset pendidikan matematika mutakhir (Yaacob et al., 2020) menempatkan metakognisi dan keyakinan (beliefs) sebagai pengungkit utama kualitas penalaran dan pengambilan keputusan di kelas matematika. Dalam praktik, implementasi prinsip reflektif mencakup memberi waktu berpikir (thinking time), memodelkan self-explanation (menjelaskan kepada diri sendiri mengapa langkah tertentu diambil), mengajarkan perencanaan sebelum eksekusi, serta mendorong monitoring progres dan evaluasi solusi. Pendekatan ini menumbuhkan kebiasaan “bertanya pada diri” (What is the goal? Why this method? How do I know?) yang menjadi ciri pemecah masalah mahir. Ketika siswa mempelajari contoh yang telah dikerjakan dan diminta menjelaskan mengapa tiap langkah valid, bukan hanya apa langkahnya, mereka menunjukkan kenaikan transfer dan generalisasi. Umpan balik formatif yang memancing monitoring diri (mis. “tunjukkan asumsi yang kamu gunakan”, “indikator apa yang memberi tahu bahwa pendekatanmu bekerja?”) memperkuat regulasi diri atas proses berpikir. Temuan ini konsisten dengan sintesis tentang hubungan dua arah konsep-prosedur: aktivitas reflektif membuat latihan prosedural menjadi sumber data kognitif yang memperdalam konsep; sementara pemahaman konsep memperkaya kualitas refleksi saat menjalankan prosedur.

Ketiga prinsip konseptual, prosedural, dan reflektif idealnya tidak dioperasionalkan sebagai terpisah, melainkan sebagai ekologi pembelajaran yang saling menopang. Secara struktural: Konseptual menyediakan peta ide dan relasi; Prosedural menyediakan alat operasional yang luwes; Reflektif menyediakan mekanisme kendali (control) yang mengarahkan pemilihan alat berdasarkan peta ide, serta memperbarui peta melalui pengalaman menggunakan alat.

B. Teori Kognitif dalam Pembelajaran Matematika

1. Teori Piaget (Perkembangan Kognitif)

Jean Piaget mengemukakan bahwa perkembangan kognitif anak berlangsung secara bertahap melalui empat tahapan structural sensorimotor, praoperasional, operasional konkret, dan operasional formal yang mencerminkan perubahan kualitas berpikir, bukan hanya kuantitas atau akumulasi pengetahuan (Barrouillet, 2015). Dalam konteks pembelajaran matematika, tahapan ini menegaskan bahwa kemampuan berpikir matematis tidak dapat diasumsikan berkembang secara instan, melainkan harus disesuaikan dengan tahapan kognitif anak (Xu, 2019). Pada tahap operasional konkret (sekitar usia 7–11 tahun), siswa mulai mampu berpikir logis terhadap objek nyata dan memahami konsep seperti konservasi (jumlah tetap meski bentuk berubah), klasifikasi, dan seriasi (menyusun objek menurut urutan logis). Misalnya, dalam pembelajaran geometri, anak dalam tahap ini lebih efektif memahami konsep bentuk dan ukuran melalui manipulasi konkret, seperti menggunakan balok atau gambar tiga dimensi, daripada hanya abstraksi simbolik.

Selanjutnya, pada tahap operasional formal (mulai usia ± 11 tahun ke atas), kemampuan berpikir abstrak, hipotesis, dan deduktif mulai muncul; siswa mampu menangani simbol matematika, deduksi aljabar, serta berpikir hipotetis—semisal memecahkan persamaan atau berargumentasi berdasarkan kondisi yang belum dialami secara konkret. Artinya, pengajaran matematika pada tingkat menengah ke atas perlu mendorong eksplorasi ide abstrak, pembentukan hipotesis, dan diskusi konseptual. Selain tahapan ini, Piaget juga menggambarkan fenomena horizontal dan vertical *décalage*. Horizontal *décalage*

menunjukkan bahwa kemampuan yang sudah dikuasai tidak serta merta dapat diterapkan pada konteks lain, misalnya, seorang anak yang memahami konservasi jumlah belum tentu mampu langsung memahami konservasi panjang dalam situasi berbeda. Sementara *vertical décalage* berarti kemampuan yang sama dapat berkembang atau ditingkatkan dengan bertambahnya usia dan pengalaman, meskipun struktur kognitif dasarnya sama.

Dalam pembelajaran matematika, teori ini menuntun para pendidik agar menerapkan prinsip *developmentally appropriate practice* yakni menyelaraskan materi dan pendekatan dengan tahapan perkembangan. Misalnya, sebelum memperkenalkan abstraksi aljabar, siswa harus memperoleh fondasi konkret melalui manipulasi dan visualisasi jumlah, struktur, serta pola. Bahkan pengajaran operasi dasar seperti penjumlahan atau pengukuran pun lebih efektif jika diawali dengan pengalaman konkret melalui alat bantu nyata.

2. Teori Vygotsky (Sosial-Konstruktivisme)

Menurut Lev Vygotsky, perkembangan kognitif anak tidak berjalan secara mandiri, melainkan tumbuh dan dibentuk melalui interaksi sosial dan dalam konteks budaya (Shah, 2022). Ia menegaskan bahwa semua fungsi mental manusia bermula pada dua tingkat: pertama, pada tingkat sosial (*interpsikologis*), yaitu sebagai hubungan antara individu dengan orang lain; kemudian, kedua, berpindah ke tingkat internal (*intrapsikologis*), yaitu menjadi bagian dalam struktur mental individu. Dengan kata lain, pengetahuan dibangun secara sosial sebelum menjadi bagian dari struktur pemikiran individu.

Konsep sentral dalam teori Vygotsky adalah Zona Perkembangan Proksimal (*Zone of Proximal Development, ZPD*)—yaitu jarak antara "apa yang seorang siswa bisa lakukan sendiri" dan "apa yang siswa bisa kerjakan dengan bimbingan dari orang yang lebih ahli" (*More Knowledgeable Other, MKO*). Lewat interaksi dan bimbingan dalam ZPD, siswa secara bertahap menginternalisasi pengetahuan sehingga akhirnya mampu mengerjakannya secara mandiri.

Dalam pembelajaran matematika, ZPD dan *scaffolding* menjadi landasan untuk merancang interaksi yang membantu siswa mengatasi tantangan kontekstual. Guru atau teman yang lebih mahir memberikan

dukungan misalnya melalui penjelasan, contoh bertahap, atau dialog sehingga siswa mampu memahami konsep seperti operasi aljabar, pola, atau penalaran logis. Seiring berjalannya waktu dan pertumbuhan kemampuan, dukungan ini dikurangi secara sistematis, memberikan peluang kepada siswa untuk berpikir secara mandiri. Ini mencerminkan prinsip scaffolding dalam praktik pedagogis.

Vygotsky juga menekankan peran bahasa sebagai alat utama dalam perkembangan kognitif. Melalui penggunaan bahasa baik lisan maupun tulisan interaksi sosial bukan hanya mentransfer informasi, tetapi juga memediasi konstruksi konsep matematika. Diskusi matematis, pertanyaan terbimbing, dan argumentasi verbal membantu siswa membentuk pemahaman yang lebih dalam dan ilmiah.

Secara lebih filosofis, teori Vygotsky menempatkan pembelajaran matematika bukan sekadar akumulasi prosedur dan fakta, melainkan proses sosial kultural di mana instruksi, interaksi, dan konteks budaya membentuk cara berpikir matematis (Nur Azizah & Putri Purwaningrum, 2021). Misalnya, dalam kelompok kerja matematika, tugas yang dirancang dalam rentang ZPD memungkinkan kolaborasi antar siswa dengan kemampuan beragam memfasilitasi internalisasi konsep melalui dialog, modeling, dan refleksi bersama.

3. Teori Bruner (Representasi dan Scaffolding)

Jerome Bruner mengembangkan teori konstruktivisme kognitif dengan menekankan cara bagaimana pengetahuan merepresentasikan diri dalam pikiran melalui tiga mode representasi: enaktif (enactive), ikonik (iconic), dan simbolik (symbolic). Enaktif berkaitan dengan pembelajaran melalui tindakan fisik atau manipulasi konkret—misalnya siswa memahami konsep jumlah dengan memindahkan objek secara langsung. Selanjutnya, ikonik mengacu pada penggunaan representasi visual atau gambaran mental seperti diagram, gambar, atau model yang menghubungkan pengalaman konkret dengan gagasan abstrak. Terakhir, simbolik adalah saat siswa menggunakan bahasa, istilah, atau simbol matematika formal (seperti " $\frac{1}{2}$ " atau " Σ ") untuk memahami dan mengkomunikasikan konsep dan ini menjadi mode representasi tertinggi yang memungkinkan fleksibilitas berpikir dan generalisasi konsep.

Bruner menekankan bahwa proses belajar efektif adalah melalui progressi dari enaktif ke ikonik dan akhirnya simbolik, meskipun urutan tersebut tidak bersifat kaku, bahkan berlaku untuk pembelajar dewasa. Inti gagasannya adalah bahwa segala materi, termasuk yang paling abstrak sekalipun, dapat diajarkan kepada siapa saja—jika disajikan secara terorganisir dan terstruktur dengan memadai. Konsep ini berbeda dengan teori perkembangan Piaget yang menekankan batasan usia dan tahapan kognitif. Bruner justru meyakini pembelajaran dapat dimediasi melalui instruksi yang tepat secara kognitif.

Kaitannya dengan matematika, strategi *Concrete Pictorial Abstract (CPA)* merupakan implementasi dari mode representasi Bruner. Pendekatan ini berawal dari pengalaman konkret (seperti manipulasi blok atau benda nyata), lalu beranjak ke representasi gambar atau diagram, dan akhirnya menuju simbol matematika. Contohnya, untuk menjelaskan pecahan, siswa pertama-tama memotong kue nyata (enaktif), kemudian melihat gambar potongan (ikonik), sebelum menuliskan simbol matematika (simbolik) metode ini memperkuat internalisasi konsep dan transfer pengetahuan secara mendalam .

Lebih jauh, Bruner memperkenalkan konsep scaffolding—dukungan instruksional yang personal, adaptif, dan bersifat sementara, yang dirancang untuk membantu siswa mengatasi tantangan di zona perkembangan proksimal. Meskipun akar filosofis scaffolding berkaitan dengan teori Vygotsky, Bruner bersama Wood dan Ross memformalisasikan istilah itu dalam konteks pendidikan. Strategi scaffolding mencakup bentuk pendampingan seperti pengurangan kompleksitas, penandaan fitur penting, demonstrasi, pemeliharaan fokus, serta pengendalian frustrasi—semuanya bertujuan untuk menjaga keterlibatan dan membantu siswa mempertahankan tujuan tugas sambil meminimalkan kecemasan kognitif

Dalam pembelajaran matematika, scaffolding memungkinkan guru menyusun urutan instruksional yang dimulai dari konsep familiar dan *gradually* menuntun siswa ke pemahaman yang lebih abstrak. Seiring perkembangan siswa, instruksi dilepas secara bertahap, sehingga siswa menjadi semakin mandiri dalam berpikir simbolis. Hal ini sejalan dengan spiral curriculum Bruner—kurikulum yang

memperkenalkan ide dasar sejak awal, lalu secara berkala kembali pada topik yang sama dengan tingkat kompleksitas yang meningkat. Model ini memperkuat pemahaman jangka panjang dan keterkaitan antar konsep sepanjang waktu.

Pada tingkat praktik, scaffolding juga mendorong pembelajaran melalui penemuan terbimbing (*guided discovery learning*). Bruner menyarankan bahwa siswa lebih mudah mengingat serta memahami konsep jika mereka “menemukan” sendiri—dengan bantuan minimal—daripada hanya menerima penjelasan pasif. Sebagai contoh, dalam pelajaran matematika, guru bisa memberikan pertanyaan terbuka, manipulatif, atau situasi nyata, lalu membimbing siswa merumuskan jawaban secara mandiri.

BAB 2

TEORI BELAJAR GEOMETRI

A. Teori Van Hiele tentang level berpikir geometri

Teori Van Hiele dikembangkan oleh Pierre van Hiele dan Dina van Hiele-Geldof menggambarkan perkembangan berpikir geometri sebagai suatu rangkaian bertahap (hierarkis dan sekuensial) di mana siswa harus melewati setiap level dengan pengalaman dan instruksi yang tepat untuk memahami struktur geometri secara mendalam . Model ini secara luas diterapkan dalam pendidikan matematika modern dan menjadi dasar perancangan kurikulum serta strategi pengajaran geometri yang sesuai dengan level kognitif siswa .Van Hiele mengidentifikasi lima level berpikir geometri:

1. Visualisasi (Visualization/Level 0) siswa mengenali dan mengklasifikasikan bentuk berdasarkan tampilan holistik dan prototipe visual tanpa memperhatikan sifat atau struktur internal. Misalnya, siswa menyebut sebuah bangun sebagai “lingkaran” karena bentuknya bulat seperti matahari.
2. Analisis (Analysis/Level 1) siswa mulai menyadari sifat-sifat bentuk (seperti jumlah sisi atau sudut), namun belum memahami relasi antar-sifat. Contohnya, siswa bisa menyatakan bahwa suatu bangun memiliki empat sisi dan sudut, tetapi belum mengaitkan sifat-sifat itu secara sistematis .
3. Abstraksi atau Deduksi Tidak Formal (Abstraction/Informal Deduction/Level 2) siswa mengerti hubungan deduktif antara sifat-sifat bentuk, serta mampu memahami implikasi dari satu sifat ke sifat lain—seperti mengenali bahwa “semua persegi adalah persegi panjang, tetapi tidak semua persegi panjang adalah persegi” .
4. Deduksi Formal (Deduction/Level 3) siswa mampu memahami struktur deduktif, termasuk peran definisi, aksioma, dan teorema dalam membangun sistem geometri formal (seperti dalam geometri Euclid) .

5. Rigor (Level 4) pada tingkat ini, siswa memahami konsep geometri secara abstrak dan sistematis, mampu mengevaluasi dan membandingkan sistem-sistem aksiomatik termasuk geometri non-Euclidean, serta menyadari sifat arbitrer dari definisi dan aksioma.

Model ini bukan hanya menggambarkan perkembangan berpikir, tetapi juga menekankan ciri-ciri penting dalam pengimplementasiannya: (a) Fixed sequence, yaitu siswa tidak bisa melewati level; (b) Distinct language dan simbol, dimana setiap level menggunakan cara berpikir dan bahasa berbeda; serta (c) Pentingnya instruksi yang sesuai dengan level, karena guru yang berbicara dari level lebih tinggi tidak dimengerti oleh siswa di level lebih rendah.

Dalam praktik, Van Hiele merekomendasikan lima fase pengajaran untuk membantu siswa berpindah dari satu level ke level berikutnya: (1) orientasi terhadap materi, (2) eksplorasi terarah, (3) integrasi atau sintesis, (4) pengembangan terminologi, dan (5) pembuktian formal. Proses ini menekankan eksplorasi, diskusi, representasi visual, dan refleksi, bukan hanya pengajaran formal berdiri sendiri.

Berbagai studi empiris mendukung efektivitas teori Van Hiele. Misalnya, sebagian besar siswa Sekolah Menengah di Makassar berada pada Level 0 atau 1 dalam berpikir geometris, menunjukkan kebutuhan akan strategi instruksional yang dirancang khusus. Selain itu, penelitian yang memanfaatkan Geometer's Sketchpad berbasis fase Van Hiele menunjukkan peningkatan signifikan dalam level berpikir geometri siswa setelah intervensi (terutama naik ke Level 2), dibandingkan kelompok kontrol. Kajian sistematis dari Turki menunjukkan bahwa strategi pembelajaran yang disesuaikan dengan level Van Hiele secara positif memengaruhi pemecahan masalah, sikap siswa, dan kemampuan konstruksi visual bentuk geometri.

B. Teori APOS (Action, Process, Object, Schema)

Teori APOS, yang dikembangkan oleh Ed Dubinsky dan koleganya, merupakan kerangka konstruktivis tentang bagaimana konsep matematika dibentuk secara bertahap di benak siswa, meliputi tahapan mental: Action, Process, Object, dan Schema. Teori ini berangkat dari gagasan reflective abstraction Piaget dan diperluas untuk menjelaskan

pembelajaran matematika, termasuk geometri, melalui konstruksi dan internalisasi konsep secara progresif.

Action (Tindakan eksternal): Pemahaman awal muncul dari manipulasi konkret atau instruksi eksplisit misalnya siswa menggambar persegi dan menghitung panjang sisi satu per satu. Tindakan ini dilakukan secara sadar dan berurutan, tanpa pemahaman mendalam tentang struktur konseptualnya.

Process (Proses internal): Dengan pengulangan dan refleksi, tindakan tersebut menjadi internalisasi mental. Dalam konteks geometri, siswa pada tahap ini mampu memikirkan konstruksi persegi atau segitiga secara mental tanpa harus menggambar secara fisik, serta memvisualisasikan transformasi seperti refleksi atau rotasi.

Object (Objek konseptual): Ketika seorang siswa mampu memperlakukan suatu proses geometri misalnya transformasi rotasi atau refleksi sebagai entitas konseptual yang dapat dikenali dan dikenakan operasi-internal (seperti komposisi transformasi), pemahaman telah mencapai level objek. Tahap ini disebut encapsulation, yaitu ketika proses menjadi sebuah objek mental yang dapat dimanipulasi lebih lanjut.

Schema (Skema kognitif): Skema merupakan jaringan struktur mental yang menyatukan berbagai aksi, proses, dan objek. Misalnya, skema geometri seseorang bisa mencakup konsep transformasi (rotasi, refleksi, translasi), sifat bangun datar, serta hubungan antar konsep tersebut. Dengan skema, siswa mampu memilih dan menerapkan struktur mental yang tepat dalam situasi pemecahan masalah geometri secara adaptif.

APOS menggambarkan proses mental ini sebagai urutan, meskipun tidak selalu linier—beberapa pemahaman bisa melompat langsung dari Action ke Object atau melewati langkah tertentu jika kondisi kognitif mendukung.

Dalam pemindahan dari Action ke Process disebut interiorization, sedangkan untuk beralih dari Process ke Object disebut encapsulation. Skema dibangun melalui koordinasi antara berbagai objek dan proses serta kemampuan melakukan reversal dan encapsulation ulang saat menghadapi situasi baru. Beberapa penelitian empiris menunjukkan

efektivitas pendekatan APOS dalam geometri. Misalnya, pada pembelajaran luas persegi panjang, siswa dapat berkembang dari konsep “menghitung jumlah unit (Action)” ke “memahami rumus sebagai proses internal” hingga “memperlakukan luas sebagai objek sehingga dapat digeneralisasi ke bentuk lain (Object)” dan akhirnya membangun skema untuk luas berbagai bentuk geometri. (Gülkılıka et al., 2015) . Selain itu, APOS telah diadaptasi untuk menganalisis pemahaman siswa terhadap konsep kemiringan (slope) dan eksponensial/logaritma—yang memberikan landasan metodologis yang sama walaupun tidak geometry eksplisit.

Dalam praktik, APOS mendorong penggunaan genetic decomposition untuk merancang urutan pembelajaran yang jelas—memetakan tahap mental yang perlu dilalui siswa untuk memahami suatu objek geometris. Metode pembelajaran APOS secara luas diterapkan melalui siklus ACE (*Activities Classroom Discussion Exercises*) di mana aktivitas konkret mendahului diskusi mendalam, diikuti dengan latihan yang memperkuat interiorisasi dan encapsulation.

C. Pembelajaran Berbasis Visual-Spasial dalam Geometri

Pembelajaran geometri sangat berkaitan erat dengan kemampuan visual-spasial, yakni kemampuan kognitif untuk memanipulasi, mentransformasi, dan memahami objek-objek visual dalam ruang mental. Riset mutakhir menegaskan bahwa spatial reasoning adalah prediktor signifikan bagi keberhasilan dalam domain matematika, terutama geometri; kemampuan seperti mental rotation, spatial visualization, dan spatial orientation terbukti berkontribusi kuat terhadap penguasaan konsep-konsep geometris, terutama pengertian struktur, transformasi, dan pemodelan visual.

Pendekatan pembelajaran yang secara eksplisit memasukkan aktivitas visual-spasial—seperti manipulasi bentuk, penggunaan diagram, model 3D, dan teknologi visual interaktif—menyediakan anchor visual bagi siswa untuk memahami konsep abstrak secara lebih konkret. Salah satu contoh terkini adalah penggunaan Augmented Reality (AR) dalam pembelajaran geometri. Studi oleh (Tzima et al., 2019) menemukan bahwa siswa sekolah dasar yang belajar menggunakan aplikasi AR menunjukkan skor rata-rata spatial

visualization ability lebih tinggi dibanding kelompok kontrol yang belajar konvensional. Hasil ini menunjukkan efek moderat AR dalam meningkatkan kemampuan visual-spasial siswa saat mempelajari geometri. Lebih jauh, penelitian oleh (Pramana et al., 2022) menunjukkan adanya korelasi positif dan signifikan antara kemampuan spasial siswa dan prestasi pembelajaran dalam geometri transformasi. Ini menegaskan pentingnya membangun kapasitas spasial sebagai bagian strategi pengajaran geometri, dan bukan sekadar memperkenalkan prosedur atau simbol.

Secara konseptual, NCTM dalam kurikulumnya menegaskan bahwa siswa di jenjang SMA (kelas 11–12) diharapkan mampu menerapkan visualisasi, penalaran spasial, dan pemodelan untuk memecahkan situasi matematika, khususnya geometri. Ini menunjukkan bahwa pendidikan geometri seharusnya mendesain tugas yang menstimulasi interaksi visual-ruang mental tingkat tinggi—bukan hanya komputasi statis. Pengembangan spatial ability lewat pendekatan visual-spasial tidak hanya memperkuat pemahaman geometris, tapi juga membentuk pondasi dalam STEM. Sebagaimana dikemas dalam sebuah ulasan di (Faizah et al., 2023), spatial ability bukan hanya penting dalam geometri, tetapi juga dalam domain lain seperti numerasi, aljabar, kalkulus, dan interpretasi data. Penelitian menyarankan agar pengajaran semakin menekankan pelatihan kecakapan spasial secara eksplisit sebagai bagian dari upaya meningkatkan kemampuan matematika umum.

BAB 3

PEMAHAMAN KONSEP DAN PROSES BERPIKIR GEOMETRI

A. Proses Berpikir Geometri tingkat SMA

Berpikir geometri di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) ditandai oleh kemampuan berpikir deduktif, penalaran logis, visualisasi spasial, serta refleksi metakognitif. Proses ini berkembang dari pengenalan bentuk-bentuk dasar dan sifatnya, menuju fungsi verifikasi dan pembuktian teoretis yang secara umum mencapai tingkat Van Hiele Level 3. Aspek metakognisi menjadi kunci dalam proses berpikir geometri tingkat SMA. Pendekatan model pembelajaran berbasis metakognisi terbukti efektif dalam mendorong kemampuan berpikir geometri, melalui penguatan kesadaran terhadap strategi belajar yang digunakan, refleksi terhadap kesalahan, dan perencanaan solusi geometris yang sistematis. Misalnya, (Suryaningtyas & Setyaningrum, 2020) menyimpulkan bahwa model pembelajaran metakognitif mendukung pembentukan *geometric thinking skills*, meningkatkan efektivitas siswa dalam memahami konsep geometri dan menyelesaikan permasalahan kompleks.

Selanjutnya, penelitian oleh (Molnár & Csapó, 2019) menegaskan bahwa proses berpikir geometri yang berkembang di kalangan siswa SMA terutama mereka yang berbakat secara matematis mengalami evolusi mengikuti struktur kurikulum geometri yang sistematis. Penulis mengamati bahwa implementasi konten geometri yang konsisten dan memadai melalui pengulangan topik pada tahapan berbeda memfasilitasi peningkatan keterampilan berpikir formal secara bertahap.

Secara lebih konseptual, berpikir geometri tingkat SMA tidak hanya melibatkan penalaran deduktif tetapi juga pengembangan kemampuan *multiple representations* yaitu penggunaan representasi berbeda (diagram, koordinat, simbol, manipulatif) untuk memahami dan menjelaskan konsep geometri. (Kyeremeh et al., 2023) menyatakan

bahwa kemampuan berpindah dan menerjemahkan antar representasi geometri adalah indikator berpikir matematis tingkat tinggi dan penting didorong dalam konteks SMA.

B. Hubungan antara Pemahaman Konseptual dan Prosedural

Pemahaman konseptual dan prosedural dalam matematika saling berinteraksi secara iteratif dan bersifat timbal balik bukan suatu alur linier satu arah sehingga perkembangan keduanya secara simultan sangat penting bagi kompetensi matematis yang mendalam. Kajian komprehensif oleh (Aryadi et al., 2017) yang diterbitkan di *Educational Psychology Review* menegaskan bahwa "procedural knowledge supports conceptual knowledge, as well as vice versa," menunjukkan bahwa peningkatan pada satu jenis pengetahuan dapat memperkuat jenis lainnya. Penelitian eksperimental sebelumnya sebagaimana dirangkum dalam review oleh (Abrahamson et al., 2020) mengungkap bahwa pengetahuan konseptual awal seperti pengertian mendalam terhadap desimal memprediksi kemajuan dalam keterampilan prosedural, yang kemudian kembali memperkuat pemahaman konseptual secara berulang. Selain itu, penelitian-suatu tinjauan meta menyimpulkan bahwa meskipun konseptual dan prosedural berkorelasi positif, pola interaksinya bergantung pada konteks dan instruksi: dalam beberapa kasus pemahaman konseptual datang lebih dahulu, dalam kasus lain keterampilan prosedural justru mengarah pada pemahaman yang lebih dalam.

Model iteratif ini memiliki implikasi signifikan untuk praktik pengajaran: siswa yang mendapatkan instruksi yang menekankan pemahaman konsep bukan hanya meningkatkan penguasaan prosedur secara lebih fleksibel, tetapi juga semakin cakap dalam mentransfer strategi ke konteks baru; sebaliknya, latihan prosedural yang dirancang dengan baik seperti perbandingan metode atau penerapan strategi berbeda dapat memicu refleksi konseptual yang lebih mendalam. Misalnya, desain pembelajaran yang mengajak siswa membandingkan prosedur yang benar dan salah, atau membahas "mengapa" di balik aturan yang digunakan, terbukti efektif meningkatkan baik pemahaman konseptual maupun ketangkasan prosedural. Lebih jauh, tampak bahwa meskipun hubungan antara pemahaman konseptual dan prosedural umumnya positif, kekuatannya bervariasi antar siswa

tergantung pengalaman instruksional sebelumnya sebagian siswa mungkin lebih kuat di satu domain dibanding yang lain. Variabilitas ini menjelaskan perlunya diferensiasi instruksional yang sensitif terhadap kondisi awal tiap siswa, seperti memberikan eksplorasi konseptual lebih banyak, penjelasan prosedur yang reflektif, atau kombinasi keduanya secara selektif .

Penguasaan geometri secara mendalam tidak hanya bergantung pada pemahaman setiap konsep secara terpisah, tetapi juga pada kemampuan siswa untuk membangun koneksi antar-konsep – seperti hubungan antara sudut, sisi, simetri, transformasi, dan teorema dasar— yang memperkaya kestabilan pemahaman dan memfasilitasi transfer pengetahuan ke situasi baru. Studi oleh (Chen & Ja'Faruddin, 2021) menekankan bahwa pemahaman matematis tercipta ketika konsep baru dihubungkan dengan minimal dua konsep yang telah ada dalam struktur kognitif siswa. Hal ini sangat relevan dalam geometri, di mana teorema seperti segitiga sama kaki atau sifat sudut berbanding muncul lebih mudah dipahami bila siswa mengaitkannya dengan konsep sebelumnya seperti sifat sisi, simetri, atau transformasi.

Selain itu, siswa yang terbiasa melakukan multiple representations seperti menggambar bentuk, menuliskan simbol, membuat model, atau menjelaskan secara lisan lebih mampu melihat dan membuat koneksi antarkonsep. Penggunaan representasi berbeda ini adalah alat berpikir matematika yang kritis dalam memahami dan mengkomunikasikan struktur konsep, serta dalam mendeduksi hubungan antar properti geometri . Saat siswa menjumpai bentuk paralel seperti trapezium dan segiempat, mereka belajar mengaitkannya melalui representasi visual (gambar), analitik (koordinat), dan simbolik (rumus-sifat) memberi mereka landasan konektif yang lebih kuat daripada pendekatan yang fragmentaris.

Lebih luas, kurikulum seperti Connected Mathematics secara eksplisit memasukkan prinsip koneksi antarkonsep sebagai elemen inti, dengan menekankan hubungan antara geometri, aljabar, pengukuran, dan aplikasi real-life memperlihatkan bahwa topik geometri tidak berdiri sendiri, melainkan bagian integratif dari domain matematika yang saling mendukung . Kurikulum semacam ini memfasilitasi siswa dalam menghubungkan struktur geometri abstrak ke situasi dunia nyata

misalnya memahami hubungan sudut dan sisi dalam konteks arsitektur atau desain sehingga meningkatkan transfer aplikasi dan makna konseptual Paradox.

Penelitian dalam pendidikan matematika juga menunjukkan bahwa ketika guru secara sengaja menyoroti koneksi misalnya, membandingkan sifat segiempat dengan segitiga, atau menjelaskan hubungan antara refleksi dan simetri, peserta didik menunjukkan peningkatan pada pemecahan masalah, fleksibilitas berpikir, dan ketahanan kognitif terhadap variasi soal. Berfokus pada koneksi ini juga mendorong penalaran yang lebih koheren dan sistematis, bukan hanya mekanis.

C. Implikasi Teori Belajar dalam Pengajaran Geometri

Strategi pembelajaran geometri yang berakar pada teori kognitif dan teori visual-spasial harus dirancang untuk mengembangkan bukan hanya kemampuan prosedural, tetapi juga representasi konseptual dan kapasitas spasial siswa melalui rangkaian aktivitas yang terstruktur, bertahap, dan terdiferensiasi (Young, 2021). Secara kognitif, teori-teori seperti APOS, Bruner, Van Hiele, dan teori kognitif kontemporer menekankan pentingnya progresi dari pengalaman konkret menuju representasi simbolik serta peran scaffolding dan pembelajaran berbasis penemuan yang dipandu; oleh karenanya strategi yang efektif menyajikan materi melalui urutan *concrete* → *pictorial* → *abstract* (CPA), memberi kesempatan internalisasi proses matematis, dan kemudian meng-encapsulate proses menjadi objek konseptual yang dapat dimanipulasi dalam pemecahan masalah kompleks. Pendekatan ini memfasilitasi *deep conceptual understanding* sekaligus memberi landasan bagi fleksibilitas prosedural dalam menerapkan teorema dan prosedur geometri. Pernyataan ini didukung oleh kajian teoritis dan empiris yang menunjukkan bahwa urutan instruksional yang memadukan pengalaman manipulatif, representasi visual, dan simbolik berkontribusi pada penguatan struktur kognitif siswa (Bronkhorst et al., 2021).

Dalam ranah visual-spasial, strategi pembelajaran harus secara eksplisit melatih dan memanfaatkan kemampuan *spatial reasoning*

seperti mental rotation, spatial visualization, dan spatial orientation karena kemampuan-kemampuan ini adalah prediktor signifikan keberhasilan dalam geometri (Danlami et al., 2025). Oleh karenanya, kegiatan pembelajaran harus memasukkan latihan-latihan visual-spasial eksplisit (mis. tugas rotasi mental, transformasi gambar, konstruksi tiga dimensi lewat manipulatif) serta penggunaan representasi ganda (gambar, model 3D, dan notasi aljabar/koordinat) yang membantu siswa mentranslasikan antara representasi dan membangun koneksi antarkonsep. Intervensi terkontrol dan meta-analisis menunjukkan bahwa program yang menargetkan spatial visualization dapat meningkatkan prestasi matematika, dan penggunaan alat dinamis seperti GeoGebra memiliki efek positif besar terhadap kemampuan visual-spasial siswa dalam konteks geometri. Implementasi teknologi ini memungkinkan manipulasi objek secara dinamis sehingga siswa dapat mengamati konsekuensi perubahan parameter secara real time—mendorong eksplorasi hipotesis dan pembuktian induktif sebelum distandarisasi ke bukti deduktif.

Penggunaan teknologi dinamis (GeoGebra, applet interaktif, augmented reality/AR dan virtual reality/VR) harus dipadukan dengan pengelolaan beban kognitif yang baik: materi visual yang terlalu kompleks atau simultan dapat membebani memori kerja sehingga menghambat pembelajaran (Iparraguirre-Villanueva et al., 2024). Oleh sebab itu desain instruksional harus menerapkan prinsip-prinsip multimedia learning dan cognitive load (mis. segmentasi, penandaan elemen kunci, pengurangan elemen yang tidak relevan, dan penuntun perhatian) sehingga visualisasi memperkuat bukan menggantikan proses kognitif siswa. Strategi seperti worked examples yang diikuti dengan fading (bertahap mengurangi dukungan) dan guided discovery meminimalkan load yang tidak relevan sekaligus memaksimalkan refleksi metakognitif siswa tentang struktur geometri yang dilatihkan. Rekomendasi-rekomendasi ini bersandar pada tinjauan interdisipliner terkait multimedia learning dan evidence-based design untuk materi instruksional.

Dari perspektif penilaian dan orkestrasinya dalam kelas, strategi yang sesuai mengombinasikan tugas formatif beragam: (1) aktivitas manipulatif dan eksplorasi terbimbing untuk membaca sifat-sifat geometris; (2) diskusi kelas yang memfokuskan pada explanation dan

justification (meminta siswa menjelaskan mengapa suatu properti berlaku); (3) tugas representasi berganda (mis. menyajikan masalah dalam bentuk gambar, tabel koordinat, dan formulasi aljabar) yang menuntut translasi antarrepresentasi; dan (4) problem-based learning yang menempatkan konsep geometri dalam konteks aplikatif (arsitektur, desain, pemetaan) agar siswa melihat relevansi dan mempraktikkan transfer pengetahuan. Kombinasi ini memfasilitasi pengembangan skema kognitif yang menghubungkan konsep dan prosedur serta mendorong regulasi diri perencanaan, monitoring, dan evaluasi yang penting untuk berpikir matematis tingkat tinggi. Bukti empiris menegaskan bahwa orkestra instruksional semacam ini meningkatkan kemampuan pemecahan masalah geometri dan pemahaman konseptual.

Strategi diferensiasi juga penting: karena hubungan antara kemampuan spasial awal dan pencapaian geometri bersifat moderat hingga kuat, guru perlu menilai kemampuan spasial siswa pada awal pembelajaran dan menyesuaikan intensitas scaffolding dan penggunaan representasi. Siswa dengan kemampuan spasial lebih rendah memerlukan lebih banyak manipulatif konkret, demonstrasi visual bertahap, dan latihan eksplisit pada teknik visualisasi; sedangkan siswa dengan kemampuan spasial lebih tinggi dapat diberi tugas peningkatan kompleksitas (mis. pembuktian formal, studi transformasi komposisi) yang menuntut berpikir abstrak. Intervensi skala sekolah yang memasukkan latihan spasial eksplisit sebagai bagian rutin kurikulum (bukan hanya sebagai aktivitas sesekali) telah terbukti meningkatkan outcome matematika jangka menengah mereka menyarankan pengintegrasian spatial training ke dalam unit geometri reguler daripada sebagai program tambahan terpisah.

Di tingkat praktik kelas, beberapa strategi instruksional konkretnya meliputi: (a) predict-observe-explain pada manipulasi GeoGebra (mendorong hipotesis dan verifikasi visual), (b) tugas konstruksi berpasangan di mana satu siswa mendeskripsikan langkah konstruksi sementara pasangannya menggambar (melatih bahasa sebagai mediator pemikiran spasial), (c) penggunaan tugas rotasi dan refleksi mental sebelum memperkenalkan definisi formal, (d) perancangan scaffolding prompts yang memandu siswa untuk memperhatikan fitur geometris relevan (mis. vis-a-vis, parallelism,

symmetry axes), dan (e) latihan meta-kognitif seperti self-explanation dan strategy selection yang dimasukkan ke dalam rubrik penilaian. Setiap strategi tersebut selaras dengan temuan bahwa perpaduan antara latihan prosedural terarah dan pembelajaran konseptual yang reflektif menghasilkan penguasaan yang lebih tahan lama dan transfer yang lebih baik.

Akhirnya, keberhasilan strategi-strategi ini menuntut dukungan sistemik: pelatihan guru pada penggunaan alat visual-spasial dan prinsip desain multimedia, alokasi waktu untuk eksplorasi visual dalam silabus, serta akses perangkat lunak dan perangkat fisik yang memadai. Selain itu, evaluasi berkelanjutan (dan riset tindakan) diperlukan untuk menilai dampak strategi pada populasi lokal karena efektivitas intervensi dapat bervariasi menurut konteks pendidikan, ketersediaan teknologi, dan latar belakang kognitif siswa. Kesimpulannya, strategi pembelajaran yang efektif menggabungkan landasan kognitif (scaffolding, progression CPA, metakognisi) dengan pelatihan kemampuan visual-spasial dan penggunaan teknologi dinamis, diatur sedemikian rupa untuk mengoptimalkan pengembangan konsep geometri, fleksibilitas prosedural, dan kemampuan transfer.

D. Pentingnya Pendekatan Kontekstual dan Berbasis Masalah

Pendekatan kontekstual dan berbasis masalah (Problem-Based Learning atau PBL) menjadi strategi pengajaran yang sangat berarti dalam geometri karena mengaitkan konsep abstrak geometri dengan situasi dunia nyata sehingga meningkatkan relevansi, motivasi, dan pemahaman konseptual siswa. Sebagai contoh, studi eksperimental oleh (Toheri et al., 2020) menunjukkan bahwa penerapan Contextual Teaching and Learning (CTL) dalam pembelajaran geometri menghasilkan pemahaman konseptual yang lebih baik dibanding metode konvensional ini menandakan bahwa konteks nyata mendorong pemahaman lebih mendalam terhadap konsep geometri.

Selain itu, penelitian kuasi-eksperimental membuktikan bahwa pendekatan serupa meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) pada siswa SMA dalam konteks geometri terdiri atas kreativitas, logika, dan kemampuan pemecahan masalah. Dalam lintas studi internasional, (Shimizu et al., 2021) menyoroti bahwa PBL memberikan

kontribusi penting dalam mengembangkan keterampilan kognitif siswa seperti *critical thinking*, *logical reasoning*, dan *spatial visualization* melalui penyelesaian masalah geometris yang berakar pada dunia nyata. Misalnya, pelibatan siswa dalam proyek desain arsitektural berbasis geometri mendorong keterampilan analitik dan visual-spasial secara signifikan.

Pendekatan PBL dan CTL tidak sekadar membuat pembelajaran lebih menarik, tetapi terbukti meningkatkan retensi konsep, transfer pengetahuan, dan kesiapan memecahkan permasalahan kompleks. *Realistic Mathematics Education (RME)*, sebuah model kontekstual lainnya, juga efektif memperbaiki pemahaman konsep geometri. Studi di sekolah menengah pertama mengenai topik lingkaran menunjukkan peningkatan signifikan rata-rata nilai dan motivasi belajar siswa setelah pengajaran dilaksanakan secara kontekstual dengan visualisasi dan masalah nyata sebagai titik mula pembelajaran. Kerangka ini memperkuat fakta bahwa menyajikan masalah yang dekat dengan pengalaman siswa meningkatkan keterlibatan afektif dan kognisi—mendorong pembangunan ide geometri yang lebih alami dan tahan lama.

Lebih lanjut, review literatur (Amiruddin et al., 2022) menekankan bahwa PBL tailored sesuai kemampuan siswa memperkuat penguasaan konsep geometri secara signifikan—menunjukkan bahwa penyesuaian konteks dengan kebutuhan siswa memaksimalkan hasil belajar. Ini berarti bahwa kunci keberhasilan terletak pada pemilihan konteks yang relevan serta perancangan masalah yang bervariasi secara kognitif, bukan sekadar menerapkan PBL secara umum.

Secara teori, pendekatan ini sejalan dengan konsep *situated cognition*, yang memandang pengetahuan bukan sekadar transfer abstrak, melainkan dibentuk dan diinternalisasi dalam konteks sosial dan kultural. Dalam konteks pendidikan geometri, penggunaan narasi realistik dan problem kontekstual yang melekat pada praktik dunia nyata—seperti desain, arsitektur, atau ritme spasial lingkungan sekitar—memberi peluang siswa untuk tidak hanya memahami teori, tetapi juga membangun makna melalui pengalaman.

BAB 4

INTEGRASI TEKNOLOGI DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA

A. *Hybrid Learning* dalam Pembelajaran Matematika

Strategi penerapan *hybrid learning* dalam pengajaran geometri harus menggabungkan penggunaan teknologi dinamis dengan aktivitas tatap muka yang mendukung eksplorasi visual, konstruktif, dan reflektif. Salah satu pendekatan yang telah diteliti efektif adalah pemanfaatan GeoGebra dalam desain *blended learning*: misalnya, (Yimer, n.d.) menunjukkan bahwa model *blended learning* berbasis GeoGebra meningkatkan keterampilan berpikir kreatif matematika siswa SMP dalam materi geometri hal ini mengindikasikan sinergi antara alat visual *dynamic geometry* dan *scaffolding hybrid* mampu memperdalam pemahaman konsep dan kreativitas siswa .

Penelitian oleh Stahl (2021) lebih jauh mengusulkan penggunaan lingkungan web untuk geometri kolaboratif: desain *blended* dengan *dynamic geometry software* (DGS) seperti GeoGebra yang diintegrasikan secara kolaboratif melalui "student pods" (kelompok belajar kecil) memungkinkan siswa dan guru berinteraksi dengan konstruksi geometri secara sinkron maupun asinkron. Melalui platform ini, guru bisa mengawasi proses konstruktif siswa, memutar ulang rekaman aktivitas mereka, dan menyesuaikan bimbingan secara individual menandakan bahwa interaksi *hybrid* memungkinkan diferensiasi dan *feedback adaptif* yang lebih granular.

Model pedagogis lain melibatkan penggunaan Strategi *Flipped Classroom* khusus materi geometri: siswa mempelajari teori dan definisi secara mandiri melalui video atau modul daring sebelum kelas, sehingga waktu tatap muka dapat dimanfaatkan untuk diskusi konsep, refleksi, dan latihan pemecahan masalah spasial (Song, 2020). Selain itu, *hybrid learning* dalam geometri sebaiknya memanfaatkan representasi multiple (ganda) kombinasi antara visual, simbolik, dan manipulatif yang diperkuat melalui interaktivitas teknologi. Sebagai

contoh, GeoGebra memungkinkan siswa mengubah formula, diagram, dan grafik secara instan, menjembatani pemahaman prosedural dan konseptual secara real-time .

Desain pembelajaran berbasis masalah (PBL) yang efektif dalam pengajaran geometri dapat ditingkatkan secara signifikan melalui penambahan dukungan teknologi interaktif, seperti GeoGebra atau aplikasi mobile. Sebagai contoh, PBL dengan GeoGebra memungkinkan siswa menyelesaikan masalah geometri secara visual dan real time, sekaligus meningkatkan rasa percaya diri. Studi (Suparman et al., 2024) menunjukkan bahwa penerapan PBL yang didukung GeoGebra berhasil meningkatkan nilai rata-rata kepercayaan diri siswa, saat disertai refleksi dan diskusi kelas menunjukkan bahwa integrasi teknologi memperkuat aspek afektif dalam pembelajaran matematika .

Selain itu, hasil tinjauan sistematis oleh (Iva Wulansari et al., 2025) mengonfirmasi bahwa PBL adalah model yang paling sering dipakai dalam matematika, termasuk geometri, dengan geometri menjadi salah satu topik utama. Poin pentingnya adalah mediasi visualisasi dengan teknologi seperti GeoGebra substansial memperkuat pemahaman konseptual, berpikir kritis, dan keterampilan penyelesaian masalah matematis . Desain PBL hybrid semacam ini menggabungkan struktur delapan langkah PBL klasik dengan alat digital untuk penelitian, konstruksi, kolaborasi, dan presentasi.

Lebih jauh, pendekatan PBL berbasis teknologi mobile juga terbukti efektif. Penelitian oleh (Gong et al., 2022) menerapkan PBL yang dimediasi aplikasi mobile untuk sistem persamaan linier menggabungkan urutan eksplorasi masalah; pencarian informasi; diskusi kelompok; penggunaan interaktif aplikasi mobile untuk mengerjakan dan refleksi; serta evaluasi mandiri via aplikasi. Hasilnya menunjukkan peningkatan signifikan keterampilan pemecahan masalah dan refleksi metakognitif siswa .

Dalam konteks geometri, desain PBL dengan teknologi bisa melibatkan skenario autentik, misalnya: “Merancang taman geometris”, “Menentukan sudut bayangan di siang hari”, atau “Membangun struktur geometric dengan sumber daya terbatas” di mana siswa dipandu secara digital untuk melakukan simulasi (GeoGebra), berbagi temuan lewat forum daring, lalu mengevaluasi konstruksi mereka di kelas tatap muka.

Teknologi mendukung pengumpulan data, visualisasi, kolaborasi jarak jauh, dan publisitas refleksi—sekaligus memungkinkan guru memberikan scaffolding adaptif berdasarkan analitik penggunaan siswa.

B. *Best Practice Hybrid Learning* dalam Pembelajaran Matematika

Implementasi hybrid atau blended learning yang efektif dalam pembelajaran matematika menuntut perpaduan antara desain instruksional yang berbasis bukti, pemanfaatan teknologi yang tepat guna, pengorganisasian aktivitas tatap muka yang bermakna, serta dukungan institutional (infrastruktur, pelatihan guru, dan evaluasi). Literatur terkini baik tinjauan sistematis maupun studi kasus empiris menunjukkan pola praktik terbaik berulang yang konsisten meningkatkan pemahaman konseptual, kemampuan pemecahan masalah, dan keterlibatan siswa dalam konteks matematika.

Pertama, perancangan kurikulum hybrid harus mengikuti prinsip “inverse design”: tujuan pembelajaran dan tugas penilaian dirumuskan terlebih dahulu, lalu diikuti pemilihan kombinasi aktivitas daring dan luring yang mendukung capaian tersebut. Praktik ini memungkinkan waktu tatap muka dimaksimalkan untuk kegiatan bernilai tambah tinggi (diskusi mendalam, penanganan miskonsepsi, pembuktian, dan aktivitas kolaboratif), sementara pengenalan materi dasar dan latihan repetitif dialihkan ke komponen asinkron yang dapat diakses mandiri oleh siswa. Temuan tinjauan sistematis dan studi eksperimen mendukung strategi ini sebagai pola yang meningkatkan efisiensi waktu pembelajaran sekaligus kualitas interaksi di kelas.

Kedua, penggunaan dynamic geometry software (DGS) seperti GeoGebra yang diintegrasikan ke dalam model blended terbukti menjadi praktik unggulan khususnya untuk geometri dan topik visual-spasial. Penelitian yang menguji integrasi GeoGebra dalam model blended melaporkan kenaikan signifikan pada kemampuan berpikir kreatif, visualisasi spasial, dan keterampilan pemecahan masalah siswa, apabila alat tersebut digunakan dalam siklus eksplorasi → penjelasan → refleksi yang terstruktur (mis. kegiatan pra-kelas: tutorial GeoGebra; di kelas: diskusi hasil dan generalisasi; pasca-kelas: tugas reflektif dan kuis adaptif). Studi rancangan kurikulum geometri yang menggunakan

DGS juga menemukan bahwa penggabungan rekaman aktivitas pengguna dan kerja kelompok online mempermudah guru melakukan intervensi yang lebih tepat sasaran. Oleh karena itu, best practice mencakup: (a) memilih satu atau dua perangkat DGS yang difokuskan dan diajarkan keterampilannya kepada siswa; (b) mendesain tugas DGS yang jelas tujuan kognitifnya; dan (c) menggunakan data aktivitas DGS untuk menilai proses berpikir siswa.

Ketiga, desain pembelajaran berbasis masalah (PBL) yang didukung teknologi muncul sebagai praktik efektif untuk menghubungkan konsep matematika dengan konteks otentik, meningkatkan motivasi, dan membangun kemampuan berpikir tingkat tinggi. Penelitian lokal menunjukkan PBL dan GeoGebra atau PBL dimediasi aplikasi mobile dapat memperkuat kepercayaan diri siswa dan kemampuan pemecahan masalah, sedangkan tinjauan global menggarisbawahi bahwa PBL hybrid bekerja paling baik bila masalah dikonstruksi sedemikian rupa sehingga memerlukan representasi visual, kolaborasi asinkron/sinkron, dan refleksi terstruktur. Praktik terbaik meliputi: pembuatan skenario masalah autentik, scaffold digital (mis. petunjuk langkah berbasis video), serta rubrik penilaian yang menilai proses dan produk (bukan hanya jawaban akhir).

Keempat, orkestrasi interaksi kolaboratif (collaborative orchestration) adalah kunci. Studi Virtual Math Teams dan penelitian CSCL yang direvisi untuk blended learning menunjukkan bahwa pembelajaran matematika yang menuntut pemikiran argumen, pembuktian, dan refleksi mendapat keuntungan besar dari struktur kelompok kecil yang diarahkan—baik secara tatap muka maupun daring (forum, breakout rooms, dokumen kolaboratif). Praktik terbaik mencakup pengaturan “student pods” atau tim tetap yang bekerja dalam siklus: persiapan mandiri → diskusi kelompok daring → pertemuan tatap muka untuk sintesis → presentasi antar-kelompok. Kombinasi ini memungkinkan guru menilai proses kolaboratif sekaligus menyediakan umpan balik formatif sesuai kebutuhan kelompok.

Kelima, scaffolding pedagogis yang eksplisit (termasuk strategi fading) harus disediakan secara sadar ketika transisi dari representasi konkret ke abstrak. Dalam praktek hybrid, scaffolding dapat diwujudkan melalui micro-lectures video (pra-kelas), worked-examples interaktif,

pertanyaan pemandu pada modul daring, serta kegiatan tatap muka yang menuntut siswa menjelaskan alasan (self-explanation) dan membandingkan strategi. Penelitian meta dan best practice rekomendasi mengindikasikan bahwa kombinasi worked examples + fading + guided discovery dalam lingkungan blended menghasilkan gains konseptual lebih besar daripada latihan prosedural semata. Oleh karena itu, desain modul hybrid perlu menyisipkan titik-titik scaffold yang dipantau dan dikurangi secara bertahap agar siswa menginternalisasi proses berpikir.

Keenam, pemanfaatan analitik pembelajaran (learning analytics) dan penilaian formatif berkala adalah praktik yang terbukti meningkatkan personalisasi dan responsivitas intervensi. Platform LMS dan DGS modern menyediakan jejak aktivitas siswa (waktu akses, langkah konstruksi, jawaban kuis), yang apabila dianalisis dapat membantu guru mengenali miskonsepsi awal, menyesuaikan tugas remedial, atau mengelompokkan siswa berdasarkan kebutuhan. Penelitian tentang praktik terbaik blended menekankan pentingnya “post-hoc” dan “real-time” analytics untuk mendukung keputusan pedagogis—mis. pemberitahuan otomatis untuk siswa yang belum menyelesaikan modul pra-kelas, atau laporan guru yang menyoroti bagian DGS yang sering dimodifikasi siswa. Praktik ini mendukung model pembelajaran adaptif dalam skala kelas.

Ketujuh, pelatihan guru (professional development) yang berkelanjutan adalah prasyarat. Banyak studi lokal dan global menemukan bahwa kesenjangan terbesar dalam efektivitas hybrid bukanlah teknologi itu sendiri, melainkan kesiapan pedagogis guru kemampuan merancang tugas hybrid, memfasilitasi diskusi daring, dan menggunakan data analitik. Best practice pengembangan profesional meliputi workshop berfokus pada TPACK (mengaitkan konten, pedagogi, dan teknologi), model observasi/kolaborasi guru (co-teaching atau lesson study untuk blended), serta sesi coaching untuk membangun repertoire tugas dan rubrik penilaian hybrid. Intervensi yang mensinergikan pelatihan teknis dan pedagogis menunjukkan peningkatan penggunaan teknologi yang lebih bermakna dalam pembelajaran matematika.

Kedelapan, perhatian pada aspek aksesibilitas dan inklusi merupakan praktik terbaik yang harus diintegrasikan sejak awal desain. Studi lapangan di berbagai negara menunjukkan bahwa implementasi hybrid yang sukses memperhitungkan variasi infrastruktur dan literasi digital: menyediakan materi offline (PDF, video yang dapat di-download), opsi sinkron/asinkron, dukungan teknis bagi siswa berisiko, serta strategi pembelajaran yang tidak bergantung sepenuhnya pada koneksi internet cepat. Di banyak konteks lokal, strategi mitigasi ini menentukan apakah hybrid dapat meningkatkan pemerataan atau justru memperlebar kesenjangan. Oleh karena itu, rancangan hybrid yang baik selalu menyertakan rencana kontinjensi dan opsi akses rendah.

Kesembilan, evaluasi berkelanjutan berbasis bukti diperlukan untuk men-scale-up praktik baik. Best practice menunjukkan perlunya desain penelitian tindakan (action research) terintegrasi di setiap fase rolling-out: pilot kecil → penilaian kuantitatif/kualitatif → refinemen → ekspansi. Studi-studi yang melaporkan hasil positif umumnya memiliki siklus evaluasi dan perbaikan yang jelas—menggunakan pre-post test, analisis interaksi daring, survei sikap, serta wawancara guru/siswa—sehingga implementasi di lapangan tidak statis melainkan adaptif terhadap konteks nyata.

Terakhir, dari kajian komparatif lokal (Indonesia) dan global, ada konsensus bahwa kombinasi model (mis. flipped classroom + DGS + PBL dalam kerangka Rotational/Flex) sering kali lebih berhasil ketimbang menerapkan satu model secara kaku. Artinya, guru sebaiknya “mengontekstualisasikan” model hybrid berdasarkan tujuan pembelajaran, kesiapan siswa, dan kondisi infrastruktur—mengadaptasi best practice internasional sesuai karakter lokal. Studi-studi di perguruan tinggi Indonesia yang mengintegrasikan GeoGebra dalam model blended, serta penelitian sekolah menengah yang menerapkan PBL hybrid, sama-sama menyimpulkan bahwa penyesuaian lokal (bahasa, budaya pembelajaran kolaboratif, dan jam pelajaran) menjadi faktor diferensiasi utama keberhasilan. Oleh karena itu, praktik terbaik bukanlah resep tunggal, melainkan prinsip desain yang dapat dikustomisasi melalui kolaborasi antara peneliti, praktisi, dan pembuat kebijakan.

C. Implikasi *Hybrid Learning* terhadap Penguasaan Konsep Geometri

Hybrid learning yang menggabungkan pembelajaran tatap muka dengan pendekatan daring telah mendapatkan perhatian luas dalam pendidikan modern, terutama karena kemampuan untuk memperdalam pemahaman konseptual dan kemampuan visual-spasial siswa dalam domain geometri (Zahedi et al., 2023). Penelitian (van Bekkum et al., 2021) Hasil analisis menunjukkan bahwa hybrid learning secara signifikan meningkatkan keterampilan pemahaman konseptual matematika, meskipun efeknya tidak homogen di seluruh studi – dalam banyak situasi, kondisi pedagogis dan desain instruksional menjadi penentu utama. Efektivitas hybrid paling tampak ketika materi daring dan tatap muka dirancang saling melengkapi dalam memperdalam konsep matematika, bukan hanya mengganti metode konvensional.

Di sisi lokal, penelitian (Pramana et al., 2022) menunjukkan bahwa penggunaan GeoGebra dalam kursus geometri spasial secara signifikan meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa dibanding kelompok kontrol yang belajar secara konvensional; siswa di kelas eksperimen menunjukkan respons positif terhadap penggunaan teknologi tersebut (93,5% respon kuat), serta kemampuan spasial yang meningkat lebih tinggi. Lebih lanjut, intervensi berbasis GeoGebra yang mendukung pemahaman konseptual juga terbukti efektif. Misalnya, studi (Wondo et al., 2020) tentang penggunaan GeoGebra di unit "Titik, Garis, dan Sudut" menuturkan bahwa siswa dengan bantuan GeoGebra lebih mudah memahami hubungan antar sudut seperti sudut dalam, sudut luar, dan sudut alternatif. Guru membimbing dengan aktivitas berbasis eksplorasi kelompok; hasilnya menunjukkan perbedaan signifikan dalam pemahaman konseptual antara kelompok yang menggunakan GeoGebra dengan kelompok kontrol tradisional.

Dari perspektif teknologi pendukung, GeoGebra menawarkan fitur modeling, visualization, and programming (MVP) yang terintegrasi dan sangat interaktif, menjadikannya alat yang efektif untuk mendukung pemahaman konsep dan visualisasi spasial dalam STEM, termasuk geometri analitik dan spasial. Model ini memungkinkan siswa mengeksplorasi geometri visual secara dinamis, serta memfasilitasi representasi ganda (gambar, simbol, manipulatif) secara simultan dan interaktif.

Secara teoretis, dampak hybrid learning terhadap penguasaan konsep dan visualisasi spasial juga dapat dijelaskan melalui kerangka *technology-enhanced active learning* seperti pendekatan TEAL (*Technology-Enhanced Active Learning*) dari MIT yang menunjukkan bahwa lingkungan belajar yang visual interaktif meningkatkan interaksi, intuisi, dan model konseptual siswa. Meskipun fokus awalnya bukan geometri, prinsip-prinsipnya relevan dan mendukung integrasi hybrid dalam geometri visual.

Implementasi hybrid learning model pembelajaran yang memadukan instruksi tatap muka dan daring telah terbukti efektif meningkatkan tiga aspek krusial dalam pendidikan matematika: keterlibatan siswa, motivasi intrinsik, dan kemandirian belajar. Meta-analisis (Helsa et al., 2023) menunjukkan bahwa hybrid learning memiliki efek positif sedang hingga besar pada pemahaman konseptual, yang secara tidak langsung memberikan fondasi kuat bagi keterlibatan dan motivasi siswa dalam belajar matematika. Artinya, ketika siswa memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang materi melalui kombinasi online dan tatap muka, mereka lebih termotivasi dan terlibat secara kognitif.

Lebih jauh, penelitian mengenai klas hybrid virtual sinkron (*hybrid virtual classroom*) (Nugroho Yanuarto et al., 2024) mengungkapkan bahwa meski model ini menawarkan fleksibilitas tinggi, keterlibatan sosial (*social presence*) menjadi penentu utama motivasi intrinsik. Studi ini mencatat bahwa rasio motivasi intrinsik paling rendah terjadi ketika siswa mengikuti secara daring tanpa interaksi tatap muka, tetapi penggunaan kuis singkat secara konsisten terbukti meningkatkan motivasi semua siswa, baik yang hadir secara daring maupun fisik. Dengan demikian, desain hybrid yang memasukkan aktivitas interaktif seperti kuis meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa.

Dalam konteks lokal, studi Astutri Puji Rahayu menunjukkan bahwa hybrid learning secara signifikan memengaruhi aktivitas siswa di kelas; model hybrid meningkatkan motivasi belajar, dan motivasi itu, pada gilirannya, mendorong keaktifan dalam proses pembelajaran. Hasil ini menegaskan sinergi antara model hybrid, motivasi belajar, dan partisipasi siswa dalam konteks nyata.

Sementara itu, penelitian oleh (Jazuli et al., 2022) menunjukkan bahwa metode blended learning bersama dengan efikasi diri (self-efficacy) siswa secara bersama-sama memprediksi self-directed learning (kemandirian belajar) signifikan metode blended learning menjelaskan sekitar 30,4 % variabel kemandirian belajar, dan kombinasi dengan self-efficacy menjelaskan hingga 62,3 % variansi menunjukkan bahwa hybrid/blended learning sangat mendukung kemandirian belajar siswa .

Secara teoritis, penguatan motivasi dan kemandirian ini dapat dijelaskan melalui self-determination theory (SDT), yang menyatakan bahwa perasaan keterhubungan (relatedness), kompetensi (competence), dan otonomi (autonomy) adalah syarat motivasi intrinsik. Hybrid learning yang dirancang dengan baik dengan keseimbangan antara interaksi daring dan tatap muka, tugas yang menantang tetapi suportif, serta pilihan belajar fleksibel memperkuat ketiga kebutuhan psikologis tersebut, sehingga memacu motivasi belajar lebih tinggi .

Selanjutnya, model flipped classroom, varian hybrid yang populer, secara empiris terbukti meningkatkan motivasi dan kemandirian belajar sebagaimana ditunjukkan (Hanifah Dwi Sulistiowati et al., 2025) , di mana siswa melaporkan peningkatan dalam motivasi, rasa percaya diri, dan kerjasama lewat pengalaman flipped yang aktif dan bertanggung jawab terhadap pembelajaran mereka sendiri.

BAB 5

ETNOMATEMATIKA DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA

Ubiratan D'Ambrosio pertama kali memperkenalkan istilah ethnomathematics pada pertengahan 1970-an sebagai terjemahan dari perpaduan antara "ethno" (budaya) dan "mathematics" (matematika) suatu bidang kajian yang mempertimbangkan bagaimana kelompok-kelompok budaya tertentu "memategematikakan" realitas mereka melalui sistem penghitungan, pengukuran, klasifikasi, inferensi, atau pemodelan secara khas sesuai konteks sosial budaya mereka (Amtu et al., 2020). Dengan kata lain, etnomatematika memahami matematika bukan hanya sebagai sebuah ilmu universal dan abstrak yang diajarkan secara akademik, tetapi sebagai praktik dan wacana logis yang berkembang dalam berbagai komunitas budaya sebagai bagian dari cara mereka memahami dan mengatasi dunia mereka

D'Ambrosio secara spesifik menandai bahwa "etno" meliputi seluruh komponen identitas budaya bahasa, kode, simbol, mitos, kebiasaan, serta konteks sosial sementara "mathematics" mencakup kegiatan seperti penghitungan, klasifikasi, bernalar, dan pemodelan; bukan hanya matematika formal ala Barat. Dari sinilah etnomatematika muncul sebagai pendekatan baru yang menjembatani dua disiplin: sejarah matematika dan antropologi budaya, menggugat anggapan tentang sifat tunggal dan universal matematika euro-sentris yang dominan di sekolah-sekolah modern (Sulistiyoningsih Astriani et al., 2021).

Seiring berkembangnya etnomatematika, D'Ambrosio membangun kerangka yang lebih dinamis dan inklusif: etnomatematika dianggap sebagai program pendidikan matematika yang memperjuangkan keadilan sosial, kesetaraan budaya, dan penghargaan terhadap keanekaragaman cara berpikir matematis. Melalui program ISGEm (*International Study Group on Ethnomathematics*), D'Ambrosio mengajak pendidik dan peneliti untuk melihat etnomatematika sebagai landasan transformatif bagi

pendidikan bukan sebagai sekadar materi multikultural, tetapi ideology pembelajaran yang mengintegrasikan perbedaan budaya ke dalam kurikulum sebagai kekuatan pembelajaran bersama dan eksplorasi kritis (Sutarto et al., 2022).

Perkembangan selanjutnya melibatkan enam dimensi penting dalam etnomatematika: kognitif, konseptual, pendidikan, historis, epistemologis, dan politis. Kelima aspek ini menggambarkan etnomatematika sebagai disiplin yang tidak hanya berfokus pada konten, tetapi juga pada konteks, peran guru, kekuasaan, dan hak interpretasi dalam masyarakat. Salah satu tujuan etnomatematika ialah mengangkat suara budaya marjinal dalam pendidikan matematika dan memperluas pemahaman siswa tentang kontribusi umat manusia terhadap ilmu ini sehingga menjadikannya bukan hanya “matematika semua orang,” tetapi juga wadah pemberdayaan dan refleksi identitas kolektif (Ernest, 2018).

Sebagai tambahan, Gerdes dan pengikut etnomatematika menyumbang dengan penelitian spesifik yang menunjukkan kompleksitas praktik matematis yang muncul dalam seni, tenun tradisional, permainan rakyat, atau arsitektur budaya Afrika. Ini memperkuat klaim D’Ambrosio bahwa setiap budaya memiliki matematika lokalnya sendiri yang sarat dengan estetika, logika, dan nilai simbolik praktik yang tidak boleh diabaikan dalam kelas matematika formal .

A. Etnomatematika dalam Pembelajaran Matematika Kontemporer

Etnomathematics yang awalnya dijelaskan oleh D’Ambrosio sebagai kajian interaksi antara pola berpikir budaya dan praktik matematis kini memiliki relevansi yang semakin kuat dalam pendidikan matematika kontemporer karena ia menyoroti betapa matematika sesungguhnya merupakan konstruksi budaya, bukan hanya rangkaian aturan formal universal. Sejumlah penelitian mutakhir, termasuk meta-analisis (Ermiana et al., 2024), menunjukkan bahwa penerapan etnomatematika secara signifikan meningkatkan pencapaian matematika siswa dengan rata-rata effect size mencapai 1,22, menunjukkan kekuatan pendekatan ini dalam meningkatkan pemahaman konseptual secara mendalam . Selain itu, (Zito & Albanese,

2025) menjelaskan bahwa pembelajaran kontekstual berbasis etnomatematika mampu memfasilitasi perkembangan kemampuan pemecahan masalah geometris yang disesuaikan dengan tingkat berpikir siswa, serta menanamkan nilai budaya lokal dalam proses pembelajaran formal . Kolaborasi antara etnomatematika dan pedagogi budaya responsif (*culturally responsive pedagogy*), seperti yang dikemukakan oleh (Pratama et al., 2019), memperkuat relevansi matematika dengan realitas siswa, mendorong kreativitas, motivasi, dan membangun rasa identitas serta *inclusivity* dalam pendidikan .

Di tingkat kurikulum, (Rahman et al., 2021) menekankan pentingnya integrasi perspektif etnomatematika dalam pendidikan STEM dan kurikulum global, menggagas agar matematika sekolah tidak hanya berbasis teori universal, tetapi juga mencerminkan pengetahuan lokal (*emic*) dan global (*etic*), sehingga membentuk pembelajaran yang transformatif dan bermakna bagi semua siswa. (Ascher & An D'ambrosio, n.d.) melalui tinjauan literatur menyatakan bahwa implementasi etnomatematika sebagai strategi pembelajaran terbukti meningkatkan motivasi, pemahaman konsep, kemampuan pemecahan masalah, serta apresiasi terhadap budaya lokal meski juga menunjukkan kebutuhan keterlibatan komunitas dan pelatihan guru agar integrasi ini efektif .

Melalui lensa pendidikan matematika kontemporer, etnomatematika bukan hanya sekadar pendekatan tambahan, melainkan komponen esensial dalam upaya menjadikan kurikulum lebih inklusif, kontekstual, dan relevan. Pendekatan ini membantu menanggapi kritik terhadap sifat euro-sentris kurikulum matematika tradisional, menyajikan matematika sebagai dialog budaya, dan memfasilitasi pemahaman yang lebih mendalam karena siswa mengenali keterhubungan antara logika matematika dan pengalaman sehari-hari serta identitas budayanya. Oleh karena itu, etnomatematika harus diintegrasikan ke dalam kerangka pendidikan kontempore entah sebagai konteks pengayaan, strategi pembelajaran daring/hybrid, maupun landasan pengembangan kurikulum yang responsif budaya untuk mentransformasikan pengalaman dan hasil belajar matematika pada siswa lintas latar budaya.

B. Peran Etnomatematika sebagai Pendekatan Kontekstual dalam Pembelajaran

Pendekatan ethnomatematika menawarkan jalur kontekstual baru dalam pendidikan matematika modern dengan menyelaraskan konsep formal matematika dengan pengalaman budaya siswa untuk membangun makna yang autentik dan bermakna dalam pembelajaran. Melalui lensa etnomatematika, matematika tidak lagi menjadi sekadar representasi abstrak; melainkan sebuah praktik budaya yang berkembang dalam kehidupan sehari-hari masyarakat—seperti sistem pengukuran tradisional, pola tenun, permainan lokal, maupun arsitektur rumah adat sehingga membantu siswa menghubungkan pengetahuan matematika dengan realitas mereka. (Rosa & Orey, 2021) menegaskan bahwa pengintegrasian aktivitas budaya seperti permainan engklèk dalam pembelajaran geometri memungkinkan siswa memahami konsep seperti simetri, refleksi, peluang, dan penghitungan melalui pengalaman konkret yang sehari-hari mereka kenal. Di samping itu, studi (Umbara et al., 2019) melaporkan bahwa contextual learning berbasis etnomatematika memperkuat kemampuan pemecahan masalah matematis sesuai tingkat berpikir siswa (concrete, transitional, formal), terutama dalam materi geometri melengkung dan berkonteks budaya lokal.

Etnomatematika kontekstual juga mendukung pedagogi responsif budaya (culturally responsive pedagogy), yang secara aktif menghubungkan pengalaman siswa dengan bahan ajar formal, sehingga matematika menjadi lebih relevan dan memotivasi. (Fitrianawati et al., 2020) menyatakan bahwa pengintegrasian perspektif budaya ke dalam pembelajaran matematika memperkuat kreativitas, keterlibatan, dan pemaknaan mendalam terhadap konsep sekaligus mempertajam sensitivitas terhadap keragaman budaya dalam kelas. Pada konteks lokal, penerapan model Contextual Learning based on Sundanese Ethnomathematics terbukti secara signifikan lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep geometri dasar dibanding pendekatan konvensional hal yang menggarisbawahi relevansi mendalam dari integrasi nilai budaya lokal dalam pembelajaran.

Lebih luas, riset meta-analitik oleh (Rodríguez-Nieto & Alsina, 2022) menyatakan bahwa pembelajaran berbasis etnomatematika

meningkatkan literasi matematis secara kontekstual, memperluas pemahaman siswa terhadap bagaimana matematika digunakan dalam kehidupan sehari-hari, dan menguatkan minat siswa karena koneksi yang dikenalkan antara matematika dan budaya lokal seperti penggunaan motif batik Pekalongan untuk menjelaskan konsep garis lurus, simetri, sudut, dan kongruensi .

Sebagai penutup, etnomatematika sebagai pendekatan kontekstual mencapai tiga tujuan pendidikan modern: (1) mempermudah akses terhadap matematika melalui konteks kehidupan nyata; (2) memperkuat pemahaman konseptual dengan pendekatan konkret dan relevan budaya; dan (3) menumbuhkan apresiasi akan keragaman budaya sebagai sumber kekayaan matematis. Dengan demikian, etnomatematika bukan sekadar alat pengajaran tetapi prinsip transformasional yang meredefinisi cara siswa mengenali, memahami, dan menghargai matematika dalam konteks kehidupan mereka.

BAB 6

KEARIFAN LOKAL DALAM PEMBELAJARAN MATEMATIKA

A. Kearifan Lokal dan Karakteristiknya

Kearifan lokal dikenal juga dengan istilah *local wisdom* merupakan nilai-nilai, praktik, dan pengetahuan yang berkembang dalam masyarakat tertentu secara turun-temurun melalui interaksi dengan lingkungan sosial, budaya, dan alam, serta menjadi pedoman yang otentik dalam mengatur kehidupan komunitas. Menurut (Muhammad et al., 2022) kearifan lokal adalah hasil pengalaman yang mengakar dan dimiliki komunitas tertentu, sehingga melekat sebagai sistem pengetahuan khas yang belum tentu dimiliki oleh komunitas lain. Hal ini ditambah oleh definisi dari (Hidayati et al., 2020), yang menggambarkan kearifan lokal sebagai kebijakan berbasis filosofi, etika, dan perilaku tradisional yang digunakan untuk mengelola sumber daya baik alam, manusia, maupun budaya secara berkelanjutan.

Karakteristik utama kearifan lokal mencakup: (1) eterisitas dan historisitas nilai-nilai ini terbentuk melalui pengalaman panjang dan menjadi bagian identitas masyarakat; (2) fungsi adaptif dan normatif kearifan ini menyediakan pedoman hidup dan solusi terhadap tantangan lokal, termasuk pengaturan sosial, perilaku, dan lingkungan; (3) dimensi budaya yang menyeluruh menyatu dalam adat-istiadat, simbol, bahasa, dan praktik keseharian masyarakat; serta (4) ketahanan terhadap akulturasi kearifan lokal sering mampu mempertahankan relevansi dengan memadukan unsur eksternal tanpa kehilangan keasliannya.

Dalam konteks pendidikan, kearifan lokal secara praktis menjadi basis dalam pembentukan karakter dan identitas budaya siswa. Penelitian (Agustina et al., 2021) menemukan bahwa integrasi nilai-nilai lokal dalam kurikulum sekolah membantu siswa memahami nilai kerjasama, toleransi, dan kontrol emosional menjadikannya sebagai kekuatan kontekstual dalam pembelajaran karakter. Dengan demikian,

kearifan lokal bukan hanya sekadar materi budaya, tetapi menjadi jalan untuk memperkuat relevansi pembelajaran melalui pembelajaran yang bermakna, kontekstual, dan memfasilitasi pembentukan jati diri siswa sesuai lingkungan mereka.

B. Relevansi Nilai-Nilai Budaya Lokal dalam Pembelajaran Abad 21

Pendekatan pendidikan abad ke-21 menuntut integrasi keterampilan seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi sering disebut 4C yang berkembang dalam konteks budaya lokal untuk menciptakan pembelajaran yang bermakna dan berdaya tahan (Sayangan, 2024). Penelitian (Nurmala Sari Agustina et al., 2021) mengembangkan kerangka pedagogi kontekstual yang memanfaatkan kearifan lokal (seperti cerita tradisional, praktik pertanian, dan nilai komunitas) untuk memperkuat 4C, menunjukkan bahwa nilai-nilai lokal tidak hanya relevan, tetapi juga efektif memperdalam keterlibatan dan pemahaman siswa. Dalam konteks ini, *culturally relevant pedagogy* atau pengajaran yang responsif terhadap budaya menjadi penting; guru menggunakan pengetahuan lokal siswa sebagai jembatan pedagogis untuk memperkuat akuisisi materi memberi rasa keterhubungan dan daya motivasi belajar.

(Amin & Ritonga, 2024) membuktikan bahwa proses budaya sehari-hari dapat menjadi sumber autentik untuk memahami konsep matematis seperti pembagian, bentuk silinder, hingga Teorema Pythagoras, sekaligus melatih kreativitas dan penerapan 4C dalam pembelajaran matematika. Demikian pula, pendekatan pendidikan berbasis komunitas (*community engagement*) memperkaya lingkungan belajar dengan memberi siswa kesempatan menerapkan pengetahuan dalam konteks nyata, meningkatkan kesadaran kritis, kolaborasi, dan integritas sosial sejalan dengan tujuan pendidikan masa depan yang lebih inklusif dan reflektif.

Lebih lanjut, Education 4.0 menyempurnakan kerangka ini dengan mengintegrasikan kompetensi digital dan karakter ke dalam pendidikan, menekankan inklusi nilai-nilai budaya lokal sebagai bagian dari *contextual competencies*—seperti kesadaran etika dan kebudayaan sehingga siswa tidak hanya berkembang secara kognitif, tetapi juga secara kultural dan moral. Dalam keseluruhan perspektif pendidikan

abad ke-21, nilai-nilai budaya lokal memainkan peran vital dalam membentuk kualitas pembelajaran yang kontekstual, adaptif, dan bermakna menumbuhkan generasi yang berpikir kritis, kreatif, berpijak pada akar budaya, dan siap berkontribusi secara global.

C. Kearifan Lokal Sumatera Utara yang Terkait dengan Konsep Matematika

Kekayaan kultural Sumatera Utara terutama tradisi masyarakat Batak Toba, Karo, Simalungun, dan Angkola menyimpan beragam artefak budaya yang tidak hanya bernilai estetis dan simbolik, tetapi juga kaya dengan struktur matematis yang eksplisit maupun implisit. Salah satu contoh paling sering dikaji dalam literatur etnomatematika adalah tenun ulos: kain tradisional Batak Toba yang ditenun dengan pola-pola berulang, garis, sudut, dan bidang yang merepresentasikan konsep-konsep bangun datar, simetri, transformasi, serta aturan pengulangan (periodisitas). Studi eksploratif terhadap motif ulos menunjukkan bahwa motif-motif seperti kotak-kotak, garis miring, dan elemen berulang lainnya dapat dianalisis sebagai kombinasi segiempat, jajargenjang, garis diagonal, dan pola berulang yang sesuai dengan konsep geometri datar (plane geometry) serta pola numerik yang mendasari pengaturan warna dan bentuk. Peneliti telah memetakan bagaimana pola ulos dapat direpresentasikan melalui pembagian bidang menjadi unit-unit yang berulang dan melalui transformasi geometris (translasi, rotasi, refleksi) sehingga menjadi sumber konkret untuk mengajarkan sifat-sifat bangun datar dan hubungan sudut bagi peserta didik.

Selain ulos, motif ukir dan lukisan gorga pada rumah adat dan perabot tradisional Batak juga merupakan objek etnomatematika yang kaya. Motif gorga sering ditemui sebagai ornamen papan fasad tradisional dan ukiran rumah—memuat pola transformasi geometri yang kompleks: pengulangan motif kecil menjadi pola lebih besar, simetri aksial dan rotasional, serta prinsip skala dan proporsi dalam layout ukiran. Analisis motif gorga menunjukkan adanya struktur transformasi yang berulang (mis. translasi berkala dan rotasi tertentu) yang dapat dikaitkan dengan konsep transformasi geometri pada materi SMA, sekaligus mengilustrasikan bagaimana estetika tradisi merepresentasikan aturan-aturan matematis. Oleh karena itu motif

gorga sangat cocok sebagai bahan ajar untuk menjembatani visualisasi spasial dan pemikiran konseptual dalam materi geometri dan transformasi.

Arsitektur tradisional Batak Toba termasuk rumah adat (rumah bolon) mengandung prinsip-prinsip simetri, proporsi, dan rasio yang jelas terlihat dalam denah, elevasi, dan konstruksi atap melengkung. Kajian arsitektural menemukan pola simetri bilateral yang konsisten, pembagian ruang menurut modul-modul tertentu, serta penggunaan kemiringan atap dan rasio dimensi yang memenuhi syarat estetika dan fungsi struktural. Secara pedagogis, rumah adat ini dapat dipakai untuk memperkenalkan konsep simetri sumbu, kongruensi, perbandingan panjang (proporsi), dan bahkan konsep trigonometri sederhana berkaitan dengan kemiringan atap (slope) serta perhitungan luas permukaan atap. Penelitian yang menelaah simetri arsitektur rumah adat Batak menegaskan bahwa tata letak dan ornamen tidak hanya bernilai budaya, tetapi juga mengandung struktur geometris yang sistematis dan dapat dianalisis secara matematis.

Praktik-praktik sehari-hari masyarakat di Sumatera Utara juga memuat unsur matematis yang relevan: pola penyusunan makanan tradisional (mis. lappet), permainan tradisional seperti marsitekka atau engklek versi lokal, dan pola tenun pada tikar dan anyaman memperlihatkan aturan pembagian, penghitungan, dan perkalian berulang. Misalnya proses pembuatan lappet (kue tradisional) sering melibatkan pembagian adonan ke dalam pola tertentu—memberikan contoh nyata untuk konsep pembagian, perbandingan, dan taksiran. Studi-studi pendidikan lokal mengangkat kegiatan budaya ini sebagai media pembelajaran yang efektif untuk menjelaskan konsep bilangan, operasi, dan perbandingan dalam konteks yang bermakna bagi siswa. Pendekatan semacam ini tidak hanya membuat konsep matematika lebih mudah dicerna, tetapi juga memperkuat identitas budaya dan relevansi pembelajaran.

Sejumlah penelitian kontemporer di Indonesia bahkan telah mengembangkan bahan ajar dan media pembelajaran berbasis motif ulos dan gorga menggunakan perangkat lunak geometri dinamis (mis. GeoGebra) untuk memvisualisasikan motif-motif tradisional sehingga memudahkan analisis matematis. Contoh-contoh aplikasi menunjukkan

proses translasi motif ulos menjadi konstruksi GeoGebra yang menampilkan simetri, pergeseran (translation), rotasi, dan pola periodik memudahkan guru menunjukkan keterkaitan antara motif budaya dan teorema atau sifat geometri yang relevan. Pendekatan digital ini tidak hanya memodernisasi pelestarian budaya, tetapi juga menjadikan etnomatematika sebagai jembatan antara kearifan lokal dan kurikulum matematika modern.

Dari perspektif etnomatematika yang lebih luas, beberapa studi lapangan di Sumatera Utara mengidentifikasi nilai-nilai epistemik dan filosofis yang terkait dengan praktik matematis lokal misalnya konsep keharmonisan, keteraturan, dan keseimbangan yang tercermin dalam simetri motif, serta cara komunitas memandang ukuran dan proporsi sebagai bagian dari tata nilai (estetika dan simbolis). Interpretasi semacam ini memberi peluang untuk mengaitkan pembelajaran matematika dengan pembentukan nilai dan pemaknaan kultural; guru dapat menggunakan diskusi tentang makna motif atau fungsi ornamen sebagai pintu masuk bagi refleksi matematis yang lebih mendalam (mengapa pola itu simetris? bagaimana pola itu terbentuk?). Dengan demikian pembelajaran tidak hanya mengajarkan prosedur matematis, tetapi juga menumbuhkan kompetensi kritis dan apresiatif terhadap pengetahuan budaya.

Dalam implementasi praktis di kelas, penelitian-penelitian di level sekolah menengah dan perguruan tinggi di Indonesia merekomendasikan beberapa strategi untuk memanfaatkan kearifan lokal Sumatera Utara sebagai sumber belajar matematika: (1) analisis motif memecah pola ulos atau gorga menjadi unit-unit geometri sederhana untuk mempelajari sifat-sifat bangun datar; (2) konstruksi dinamis merekonstruksi motif tradisional dengan GeoGebra untuk mengeksplorasi transformasi dan simetri secara interaktif; (3) proyek berbasis budaya siswa merancang motif baru atau menerapkan konsep geometri pada kerajinan lokal; (4) pembelajaran lintas-disiplin menghubungkan matematika dengan seni budaya, sejarah, dan teknologi (mis. klasifikasi motif menggunakan pembelajaran mesin, studi pola); serta (5) kolaborasi masyarakat-sekolah melibatkan perajin lokal untuk memperkaya konteks pembelajaran dan menjaga kesinambungan budaya. Evaluasi studi pilot menunjukkan bahwa langkah-langkah ini meningkatkan pemahaman konseptual,

keterampilan visual-spasial, dan motivasi belajar siswa, sekaligus membantu pelestarian budaya material.

Walaupun potensinya besar, integrasi kearifan lokal Sumatera Utara ke dalam pembelajaran matematika juga menghadapi tantangan yang perlu diperhatikan: ketersediaan bahan ajar yang terstandarisasi, kapasitas guru untuk mengaitkan motif budaya dengan tujuan pembelajaran formal, dan risiko penyederhanaan atau komodifikasi budaya bila motif diperlakukan semata-mata sebagai “ilustrasi” tanpa pengakuan nilai atau konteks sosialnya. Oleh sebab itu penelitian-penelitian yang telah dilakukan menekankan pentingnya pendekatan kolaboratif dengan komunitas adat dan pengrajin, pelatihan guru (TPACK), serta pengembangan sumber belajar digital yang menghormati konteks budaya sehingga integrasi etnomatematika menjadi praktik yang etis, efektif, dan berkelanjutan.

Secara ringkas, Sumatera Utara menawarkan contoh-contoh kearifan lokal yang kaya dan relevan untuk pembelajaran matematika: motif ulos dan gorga menyajikan model geometri bidang, simetri, dan transformasi; arsitektur rumah adat menyerahkan konteks untuk membahas proporsi, simetri, dan aspek ukur; serta praktik sehari-hari (tenun, penyusunan makanan, permainan) menyediakan konteks operasional untuk pembelajaran bilangan, pembagian, dan perbandingan. Dengan pemilihan strategi pedagogis yang sensitif budaya menggabungkan representasi visual, konstruksi dinamis, dan keterlibatan komunitas—kearifan lokal ini bukan hanya meningkatkan pemahaman konseptual dan visualisasi spasial siswa, tetapi juga memperkuat relevansi dan daya tahan pembelajaran matematika di ranah lokal.

D. Kontekstualisasi Geometri Melalui Budaya Lokal Sumatera Utara

Integrasi praktik budaya ke dalam pengajaran geometri sering disebut sebagai kontekstualisasi geometri, membuka ruang pedagogis yang kuat untuk menghubungkan konsep abstrak dengan pengalaman konkret siswa. Di Indonesia, contoh-contoh nyata kontekstualisasi ini mudah ditemukan dalam ragam seni dan kerajinan tradisional. Motif batik Yogyakarta dan Pekalongan, misalnya, mengandung unsur-unsur simetri, tessellasi, proporsi, dan pengulangan pola yang dapat dianalisis

sebagai operasi transformasi (translasi, rotasi, refleksi) serta pola periodik pada bidang. Penelitian etnomatematika pada motif batik menunjukkan bagaimana motif-motif tersebut dapat dijadikan bahan untuk mengajarkan konsep simetri, pengelompokan berdasarkan kelas transformasi, dan konsep luas/perimeter ketika pola diulang untuk menutup bidang kain—memberi siswa pengalaman konkret tentang hubungan antara operasi geometris dan hasil visual yang estetik. Penggunaan batik sebagai sumber belajar juga memungkinkan aktivitas pengukuran sederhana (menghitung unit motif, menghitung rasio warna) yang mengaitkan geometri dengan aritmetika dan konsep skala.

Di wilayah Sumatera Utara khususnya budaya Batak tenun ulos dan ukiran gorga menyediakan bahan ajar yang kaya secara geometris. Motif ulos sering tersusun dari unit-unit berulang yang secara praktis merepresentasikan konsep tessellation dan modulasi pola: guru dapat memecah motif menjadi bentuk-bentuk dasar (segitiga, segiempat, jajargenjang), menunjukkan bagaimana operasi translasi dan refleksi menghasilkan pola besar, serta tugas siswa untuk memodelkan ulang motif tersebut menggunakan software geometri dinamis (mis. GeoGebra). Kajian lokal yang mengkaji simetri gorga menunjukkan adanya pola simetri aksial dan rotasional, pengulangan berpola, serta penggunaan proporsi yang dapat dikaitkan secara langsung dengan materi transformasi dan proporsi pada tingkat menengah atas. Pendekatan ini memperkuat kemampuan visual-spasial siswa sekaligus menanamkan apresiasi budaya.

Arsitektur tradisional seperti rumah adat Batak (rumah bolon) dan rumah-rumah tradisional di berbagai komunitas dunia juga merupakan sumber kontekstual yang kuat. Denah bangunan, fasad, dan struktur atap memuat simetri bilateral, pembagian modul, serta proporsi yang dapat dimanfaatkan untuk pelajaran tentang simetri, kongruensi, dan konsep trigonometri dasar (kemiringan atap, perhitungan tinggi dari bayangan atau sudut elevasi). Kegiatan pembelajaran dapat berupa pengukuran lapangan, analisis denah, pembuatan model 3-dimensi sederhana, atau pemecahan masalah nyata (mis. menghitung luas atap untuk menaksir kebutuhan bahan) semua aktivitas ini menghubungkan abstraksi matematika dengan fungsi sosial dan estetika bangunan tradisional. Studi arsitektural yang memetakan simetri dan proporsi

rumah adat mendukung penggunaan artefak ini sebagai bahan ajar geometri.

Lebih luas lagi, praktik anyaman, anyaman tikar, dan kerajinan tekstil lain di Indonesia (mis. anyaman Nusa Tenggara, tenun Sumba) menghadirkan pola grid yang jelas sehingga cocok untuk pengenalan konsep koordinat sederhana, matriks posisi (row-column), serta kombinatorika pola. Peneliti etnomatematika telah mengidentifikasi bahwa proses perencanaan motif pada tenun dan anyaman melibatkan penghitungan, rasio, dan perencanaan pola berulang sesuatu yang sejajar dengan bahan ajar geometri diskrit dan geometri kombinatorial. Dengan membawa alat dan contoh nyata ke kelas, guru dapat meminta siswa mengekstrak unit motif, menyusun ulang pola, atau menghitung jumlah unit motif untuk area tertentu, praktik yang efektif untuk menghubungkan representasi numerik dan visual.

Secara metodologis, literatur terkini merekomendasikan beberapa pola implementasi ketika mengkontekstualisasikan geometri melalui budaya lokal: (1) analisis visual sistematis—identifikasi unit motif, jenis simetri, dan operasi transformasi yang menghasilkan pola; (2) pemodelan matematis—menggunakan teori grup simetri (frieze/wallpaper groups) untuk mengklasifikasikan pola dan menampilkan hubungan antara teori dan praktik; (3) konstruksi dinamis—menggunakan GeoGebra atau perangkat lunak lain untuk merekonstruksi motif secara interaktif; (4) proyek berbasis tempat melibatkan wawancara dengan perajin, kunjungan lapangan, dan produksi artefak siswa; dan (5) kolaborasi komunitas-sekolah untuk menjaga etika budaya dan validitas konteks. Tinjauan sistematis integrasi etnomatematika ke dalam pengajaran geometri menggarisbawahi bahwa model-model ini tidak hanya meningkatkan hasil belajar matematika (pemahaman konseptual dan kemampuan visual-spasial) tetapi juga meningkatkan motivasi, identitas budaya, dan relevansi pembelajaran.

Namun praktik kontekstualisasi juga menuntut kehati-hatian. Peneliti menekankan kebutuhan untuk menghindari “komodifikasi” budaya yakni mengubah artefak budaya menjadi sekadar ilustrasi tanpa konteks dan mendesak keterlibatan aktif komunitas adat/perajin dalam pengembangan bahan ajar. Selain itu, guru memerlukan dukungan

profesional (pelatihan TPACK yang mengaitkan konten, pedagogi, dan teknologi) agar mampu mengubah konteks budaya menjadi aktivitas pembelajaran geometri yang valid dan bermakna. Upaya riset-tindakan (action research) dan kolaborasi antarpeleliti-praktisi kerap menjadi bagian dari best practice untuk memastikan pendekatan ini etis, efektif, dan berkelanjutan.

E. Strategi Pedagogis untuk Mengintegrasikan Budaya dalam Pembelajaran Geometri

Integrasi budaya ke dalam pembelajaran geometri merupakan pendekatan etnomatematika yang menekankan pada keterkaitan antara praktik matematika formal dengan konteks budaya lokal. Strategi pedagogis ini penting karena mampu menghadirkan pembelajaran yang kontekstual, bermakna, dan relevan dengan kehidupan siswa, sekaligus menumbuhkan kesadaran identitas budaya. Pendekatan tersebut berangkat dari gagasan D'Ambrosio yang menekankan bahwa matematika selalu tertanam dalam budaya dan praktik sosial, sehingga pengajaran matematika tidak dapat dilepaskan dari konteks kultural masyarakat (D'Ambrosio, 2020).

Salah satu strategi pedagogis utama adalah kontekstualisasi konsep geometri melalui artefak budaya seperti motif batik, tenun, anyaman, ukiran, hingga arsitektur tradisional. Misalnya, motif batik dapat digunakan untuk mengajarkan konsep simetri lipat, simetri putar, dan transformasi geometri. Guru dapat meminta siswa mengidentifikasi jenis simetri dalam pola batik atau menghitung rasio proporsi bentuk pada kain tenun. Menurut (Rosa & Orey, 2021), kontekstualisasi seperti ini menghubungkan pengalaman nyata siswa dengan konsep abstrak, sehingga meningkatkan pemahaman konseptual sekaligus keterampilan pemecahan masalah .

F. Integrasi Teknologi dan Budaya dalam Pembelajaran Geometri

Pendidikan abad ke-21 ditandai oleh dua dinamika besar: revolusi teknologi digital dan tuntutan pelestarian budaya lokal. Teknologi digital menghadirkan peluang besar dalam meningkatkan akses, kualitas, dan inovasi pembelajaran, sementara budaya berfungsi sebagai fondasi identitas, nilai, dan konteks sosial peserta didik. Oleh karena itu,

integrasi teknologi dan budaya dalam konteks pembelajaran tidak hanya penting untuk menciptakan pengalaman belajar yang relevan, tetapi juga untuk memastikan bahwa pendidikan berkontribusi terhadap penguatan identitas budaya sekaligus kesiapan global siswa. Menurut (Sartika & Semiaji, 2024a) pendidikan berkelanjutan adalah pendidikan yang mampu mengintegrasikan perkembangan teknologi dengan kearifan lokal agar tercapai keseimbangan antara modernitas dan tradisi.

Integrasi teknologi dan budaya dalam konteks pembelajaran dapat didefinisikan sebagai upaya sistematis untuk memadukan perangkat teknologi digital dengan praktik, nilai, dan ekspresi budaya lokal dalam proses belajar-mengajar. Menurut (Helsa et al., 2023) melalui kerangka TPACK, integrasi teknologi dalam pendidikan harus memperhatikan tiga aspek utama: content knowledge, pedagogical knowledge, dan technological knowledge. Ketika konteks budaya ditambahkan, integrasi ini menjadi lebih kontekstual dan bermakna.

(Pathuddin et al., 2021) menekankan bahwa etnomatematika adalah salah satu pendekatan integrasi budaya dalam pembelajaran matematika, di mana teknologi dapat berfungsi sebagai media untuk mendokumentasikan, menyajikan, dan merepresentasikan praktik budaya dalam bentuk digital. Dengan demikian, integrasi teknologi dan budaya dapat dipahami sebagai proses membangun jembatan pedagogis antara modernitas digital dan warisan budaya.

Teknologi pendidikan yang digunakan dalam integrasi ini meliputi Learning Management Systems (LMS), aplikasi interaktif, simulasi berbasis komputer, hingga realitas virtual dan augmented reality. (Desai et al., 2022) menegaskan bahwa teknologi digital dapat digunakan untuk mendokumentasikan budaya lokal, mentransformasikannya ke dalam bentuk digital, lalu menggunakannya sebagai sumber belajar interaktif. Contoh konkret adalah penggunaan aplikasi berbasis AR untuk memvisualisasikan pola geometri dalam batik atau tenun tradisional.

Budaya dalam konteks pendidikan tidak hanya terbatas pada seni atau bahasa, melainkan juga mencakup nilai, tradisi, praktik sosial, hingga cara masyarakat menyelesaikan masalah. (Sartika & Semiaji, 2024b) menjelaskan bahwa matematika, misalnya, adalah konstruksi

budaya yang berbeda-beda pada setiap masyarakat. Oleh karena itu, pembelajaran yang mengabaikan konteks budaya berpotensi menjauhkan siswa dari realitas mereka.

Integrasi budaya berarti menghadirkan praktik lokal (seperti permainan tradisional, arsitektur, atau kearifan lokal) ke dalam proses pembelajaran sebagai jembatan memahami konsep abstrak. Ketika budaya dipadukan dengan teknologi, proses ini semakin menarik, sebab praktik budaya yang biasanya hanya dapat dilihat di lingkungan tertentu dapat direpresentasikan dalam bentuk multimedia digital yang interaktif.

Integrasi kearifan lokal dalam pendidikan matematika melalui pendekatan etnomatematika menjadi salah satu strategi penting dalam mewujudkan pembelajaran yang kontekstual, relevan, dan bermakna. Kearifan lokal memberikan konteks budaya yang dapat menjembatani konsep abstrak matematika dengan pengalaman nyata siswa. Namun, keberhasilan integrasi ini sangat ditentukan oleh kompetensi guru. Guru tidak hanya berperan sebagai fasilitator pembelajaran, tetapi juga sebagai agen budaya yang bertugas menghubungkan pengetahuan lokal dengan kurikulum nasional.

Sayangnya, kompetensi guru dalam mengadaptasi kearifan lokal ke dalam kurikulum masih menghadapi banyak kendala. (Prahmana et al., 2021) menekankan bahwa keterbatasan pengetahuan guru tentang etnomatematika merupakan salah satu hambatan utama dalam implementasi pembelajaran berbasis budaya. Guru sering kali hanya berfokus pada pencapaian target kurikulum tanpa berusaha mengontekstualisasikan materi dengan budaya lokal.

Menurut (Azriani & Mujib, 2019), integrasi etnomatematika menuntut “dual expertise”: guru harus memahami struktur formal matematika sekaligus makna budaya di balik praktik lokal. Tanpa kompetensi ini, guru cenderung menyajikan pembelajaran yang bersifat superficial, yaitu hanya menampilkan budaya sebagai ilustrasi tanpa menggali nilai matematisnya secara mendalam.

Penelitian (Rahayu et al., 2022) menegaskan bahwa banyak guru di negara berkembang memiliki keterbatasan dalam mendokumentasikan praktik budaya lokal yang kaya dengan konsep matematis. Keterbatasan ini disebabkan minimnya pelatihan riset

etnografi di kalangan guru, sehingga mereka tidak mampu menggali potensi budaya sebagai sumber bahan ajar.

Kurikulum pendidikan nasional sering kali berorientasi pada standar global, sehingga tidak banyak memberi ruang eksplisit bagi integrasi budaya lokal. Dalam situasi ini, kompetensi guru menjadi kunci untuk melakukan inovasi. Namun, sebagian besar guru lebih memilih mengikuti buku teks resmi ketimbang berkreasi dengan materi berbasis budaya.

Menurut (Sutarto et al., 2021), guru cenderung khawatir bahwa penggunaan etnomatematika dapat mengganggu pencapaian kompetensi inti kurikulum. Akibatnya, integrasi kearifan lokal sering dianggap sebagai aktivitas tambahan, bukan sebagai bagian integral dari pembelajaran. Tantangan ini menunjukkan adanya kebutuhan mendesak untuk meningkatkan kompetensi guru agar mampu menyesuaikan kurikulum dengan konteks lokal tanpa mengorbankan standar nasional.

Lebih lanjut, (Sopyan, 2022) mengidentifikasi bahwa guru membutuhkan dukungan berupa modul kurikulum alternatif yang menggabungkan topik matematika dengan praktik budaya. Tanpa dukungan semacam itu, kompetensi guru dalam mengadaptasi kurikulum akan tetap terbatas.

G. Relevansi Budaya Lokal dalam Pembelajaran Geometri

Geometri merupakan salah satu cabang utama matematika yang memiliki keterkaitan erat dengan kehidupan sehari-hari, termasuk dalam seni, arsitektur, dan kerajinan tradisional. Budaya lokal di berbagai daerah di Indonesia maupun negara lain banyak mengandung unsur-unsur geometris, baik berupa pola simetri, transformasi, maupun bentuk-bentuk bangun ruang. Mengidentifikasi unsur-unsur budaya lokal yang terkait dengan geometri menjadi sangat penting, bukan hanya untuk memperkaya kajian akademis, tetapi juga untuk menjadikan pembelajaran geometri lebih kontekstual, bermakna, dan berakar pada realitas sosial siswa.

Menurut (Hasibuan & Hasanah, 2022a), etnomatematika membantu membuka perspektif bahwa praktik budaya tradisional sarat dengan konsep-konsep matematis yang dapat digunakan dalam

pendidikan. Dengan demikian, identifikasi unsur budaya lokal terkait geometri (seperti ornamen, arsitektur, dan kerajinan) tidak hanya bermanfaat untuk memahami matematika secara aplikatif, tetapi juga sebagai upaya pelestarian kearifan lokal melalui pendidikan.

Ornamen tradisional adalah bentuk seni dekoratif yang digunakan untuk menghiasi benda, pakaian, maupun bangunan. Hampir semua ornamen tradisional memiliki pola geometris yang mencerminkan keindahan simetri, repetisi, dan transformasi.

Di Indonesia, misalnya, motif batik Jawa dan motif songket Sumatera mengandung unsur simetri lipat, simetri putar, serta translasi. (Andriani & Septiani, 2020) menunjukkan bahwa motif-motif etnik dapat dipandang sebagai representasi konkret dari konsep geometri transformasi. Demikian pula, penelitian (Magfirah & Pardi, 2024) tentang ornamen Islam menemukan bahwa pola geometri pada kaligrafi dan hiasan arsitektur masjid banyak memanfaatkan prinsip tiling, fraktal, dan simetri.

Dengan demikian, ornamen tradisional adalah sumber belajar yang kaya untuk mengajarkan konsep simetri, pola, dan transformasi dalam geometri.

Arsitektur tradisional Indonesia juga banyak memuat unsur geometris. Rumah adat Minangkabau, misalnya, memiliki bentuk atap gonjong yang dapat dijelaskan melalui konsep kurva dan sudut lancip. Demikian pula rumah adat Toraja dengan atap lengkungnya menunjukkan aplikasi geometri ruang yang kompleks.

Penelitian (Fitriani et al., 2021) menegaskan bahwa arsitektur lokal dapat digunakan untuk menjelaskan konsep bangun datar, bangun ruang, kesebangunan, serta proporsi. Misalnya, struktur rumah adat memiliki tata letak ruang yang berhubungan dengan persegi panjang, segitiga, dan kesimetrisan.

Di Indonesia, anyaman rotan, tikar pandan, hingga kerajinan tenun songket menunjukkan keterkaitan erat dengan geometri. Pola anyaman dapat digunakan untuk menjelaskan konsep segitiga, jajar genjang, atau bahkan fraktal. Menurut (Rahayu Puspawati et al., 2014), integrasi kerajinan tradisional ke dalam pembelajaran matematika dapat

meningkatkan pemahaman konseptual siswa sekaligus memperkuat keterampilan berpikir spasial.

H. Peran konteks budaya dalam memfasilitasi pemahaman konsep abstrak

Pembelajaran matematika, khususnya geometri, kerap dianggap sulit oleh peserta didik karena sifatnya yang abstrak. Konsep seperti titik, garis, bidang, simetri, dan transformasi sering kali sulit dipahami tanpa bantuan representasi konkret. Dalam kerangka ethnomathematics, budaya lokal dapat berperan sebagai jembatan antara konsep abstrak dan pengalaman nyata siswa (Fitrianawati et al., 2020). Dengan menghadirkan konteks budaya dalam pembelajaran, konsep-konsep abstrak dapat diilustrasikan secara lebih nyata, sehingga pemahaman siswa meningkat.

Menurut (Wiryanto et al., 2022), konteks budaya tidak sekadar berfungsi sebagai ilustrasi, tetapi juga sebagai landasan epistemologis yang membentuk cara berpikir matematis masyarakat. Artinya, budaya menyediakan kerangka kerja yang memungkinkan siswa membangun pemahaman konsep abstrak melalui pengalaman yang sudah mereka kenal.

Budaya menyediakan representasi konkret yang dapat digunakan untuk menjelaskan konsep abstrak. Misalnya, pola simetri pada motif batik atau ulos Batak dapat digunakan untuk menjelaskan konsep refleksi dan rotasi. Begitu pula arsitektur tradisional, seperti rumah adat Minangkabau, dapat digunakan untuk memahami konsep sudut, proporsi, dan kesebangunan.

Studi (Fauzi et al., 2022) menunjukkan bahwa pola geometri dalam ornamen Islam kaya dengan konsep tiling, simetri, dan fraktal yang dapat dijadikan contoh nyata dalam pembelajaran. Dengan demikian, budaya lokal berfungsi sebagai media visual-spasial yang membantu siswa memahami konsep abstrak melalui contoh nyata yang familiar.

Dalam perspektif konstruktivisme, pemahaman konsep abstrak dibangun melalui pengalaman nyata dan interaksi sosial. Konteks budaya menyediakan pengalaman yang relevan dengan kehidupan sehari-hari siswa. Menurut Vygotsky, pembelajaran efektif terjadi ketika

pengetahuan baru dikaitkan dengan zona perkembangan proksimal siswa. Dengan menggunakan konteks budaya, guru dapat menghadirkan scaffolding yang mempermudah transisi dari pengalaman konkret ke pemahaman abstrak (Aprilia Rahmawati & Putri Purwaningrum, 2022).

Sebagai contoh, kegiatan menganyam tikar atau rotan dapat dijadikan media pembelajaran tentang translasi, simetri, dan pola. Proses ini membuat siswa tidak hanya belajar teori, tetapi juga melihat bagaimana konsep abstrak hadir dalam praktik budaya yang nyata. Konteks budaya juga memperkuat keterhubungan kognitif siswa terhadap materi. (Suardana et al., 2018) menekankan bahwa ketika siswa melihat budaya mereka dihargai dalam pembelajaran, motivasi dan keterlibatan meningkat, sehingga proses internalisasi konsep abstrak menjadi lebih efektif. Contohnya, siswa di Sumatera Utara dapat lebih mudah memahami konsep bangun ruang jika dikaitkan dengan bentuk rumah adat Batak Toba. Struktur atap rumah adat tersebut dapat dianalisis dalam konteks prisma dan segitiga. Dengan demikian, budaya tidak hanya menjadi konteks, tetapi juga sarana memperkuat identitas siswa dalam proses pembelajaran.

Pemahaman konsep abstrak dalam geometri erat kaitannya dengan kemampuan visualisasi spasial. Budaya lokal menyediakan pola visual yang kaya untuk membantu pengembangan kemampuan ini. Penelitian (Rahayu Puspawati et al., 2014) menunjukkan bahwa integrasi etnomatematika berbasis kerajinan tradisional dapat meningkatkan keterampilan visualisasi spasial siswa.

Misalnya, pola repetisi dalam anyaman bambu atau songket dapat digunakan untuk melatih siswa mengenali pola geometri, transformasi, dan keteraturan matematis. Visualisasi ini membantu siswa mentransformasikan objek konkret ke dalam representasi simbolis, sehingga memperdalam pemahaman konsep abstrak.

Meskipun potensial, integrasi konteks budaya dalam pembelajaran geometri menghadapi beberapa tantangan. Guru perlu memiliki kompetensi dalam mengaitkan praktik budaya dengan konsep abstrak, sementara bahan ajar berbasis etnomatematika masih terbatas (Rahayu Puspawati et al., 2014). Selain itu, diperlukan

penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi praktik budaya yang relevan dengan berbagai topik geometri.

Namun demikian, peluangnya sangat besar. Dengan dukungan teknologi digital, konteks budaya dapat didokumentasikan dan disajikan dalam bentuk interaktif, misalnya melalui simulasi geometri berbasis motif tradisional. Hal ini akan memperkaya pembelajaran dan sekaligus melestarikan budaya lokal.

I. Teknologi Digital untuk Representasi Geometri Berbasis Budaya

GeoGebra adalah perangkat lunak matematika interaktif yang mengintegrasikan geometri, aljabar, statistik, dan kalkulus dalam satu platform. Dengan antarmuka dinamis, GeoGebra memungkinkan pengguna untuk membangun dan memanipulasi objek matematis secara visual, yang sangat mendukung pembelajaran geometri (Ulfa Siregar et al., 2023). Selain itu, GeoGebra mendukung pemrograman dan visualisasi spasial, yang memungkinkan representasi objek geometri dalam konteks budaya lokal, seperti pola tradisional dalam seni dan arsitektur Melayu.

Penelitian oleh (Daulay et al., 2021) menunjukkan bahwa penggunaan GeoGebra dalam pembelajaran geometri memiliki dampak positif yang signifikan terhadap kemampuan visualisasi spasial siswa. Hal ini menunjukkan potensi GeoGebra dalam menghubungkan konsep geometri dengan budaya lokal melalui representasi visual yang interaktif. Desmos adalah platform matematika berbasis web yang menyediakan alat grafis interaktif untuk eksplorasi konsep matematika, termasuk geometri. Dengan antarmuka yang ramah pengguna, Desmos memungkinkan siswa untuk menggambar dan memanipulasi objek geometri secara langsung, yang memfasilitasi pemahaman konsep secara mendalam. Integrasi Desmos dalam pembelajaran geometri dapat digunakan untuk merepresentasikan pola geometri dalam budaya lokal, seperti motif batik atau ukiran tradisional (Syarifah et al., 2023). Hal ini tidak hanya memperkaya pemahaman siswa terhadap konsep geometri, tetapi juga memperkuat hubungan antara matematika dan budaya lokal.

Dalam konteks budaya lokal, perangkat lunak ini dapat digunakan untuk merepresentasikan struktur bangunan tradisional atau artefak

budaya dalam bentuk tiga dimensi, yang membantu siswa mengaitkan konsep geometri dengan warisan budaya mereka. Augmented Reality (AR) merupakan teknologi yang menggabungkan elemen-elemen digital dengan dunia nyata secara real-time, menciptakan pengalaman interaktif yang mendalam bagi pengguna. Dalam konteks pendidikan geometri berbasis budaya, AR memungkinkan representasi objek geometris yang terinspirasi dari budaya lokal, seperti pola batik, arsitektur tradisional, atau seni ukir, untuk divisualisasikan dalam ruang tiga dimensi yang dapat dipelajari secara langsung oleh siswa.

Menurut penelitian oleh (Uriarte-Portillo et al., 2023), AR memiliki potensi besar dalam pendidikan warisan budaya, termasuk dalam pembelajaran geometri, karena mampu menghubungkan konsep matematika dengan konteks budaya yang nyata. Teknologi ini memungkinkan siswa untuk memahami bentuk, simetri, dan struktur geometris melalui pengalaman langsung yang kontekstual dan imersif.

Selain itu, studi (Syahputra et al., 2018) menunjukkan bahwa aplikasi AR berbasis mobile yang menggabungkan elemen permainan dan narasi budaya dapat meningkatkan partisipasi aktif siswa dalam pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa AR tidak hanya efektif dalam mengajarkan konsep matematika, tetapi juga dalam memperkenalkan dan melestarikan budaya lokal melalui pengalaman belajar yang menyenangkan dan interaktif.

Simulasi interaktif berbasis budaya adalah pendekatan pembelajaran yang menggunakan model digital untuk merepresentasikan objek atau situasi budaya, memungkinkan siswa untuk berinteraksi dan mengeksplorasi konsep-konsep matematika dalam konteks budaya tersebut. Pendekatan ini dapat mencakup penggunaan perangkat lunak seperti PhET Interactive Simulations, yang menyediakan simulasi interaktif dalam berbagai disiplin ilmu, termasuk matematika dan fisika.

Menurut penelitian oleh (Etnomatematika et al., 2022)), simulasi berbasis budaya dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep matematika dengan mengaitkannya langsung dengan budaya mereka. Misalnya, simulasi yang menggambarkan struktur bangunan tradisional atau pola seni lokal dapat membantu siswa

memahami konsep geometri seperti simetri, transformasi, dan proporsi dalam konteks yang mereka kenal dan hargai.

Lebih lanjut, studi oleh (Cervantes-Barraza & Araujo, 2023) menunjukkan bahwa permainan interaktif yang menggabungkan elemen budaya lokal dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran matematika. Pendekatan ini tidak hanya membuat pembelajaran lebih menarik, tetapi juga memperkuat identitas budaya siswa dan meningkatkan motivasi mereka untuk belajar.

Integrasi AR dan simulasi interaktif berbasis budaya dalam pembelajaran geometri menawarkan pendekatan yang holistik dan kontekstual. Dengan menggabungkan kekuatan visualisasi AR dan interaktivitas simulasi, siswa dapat mengalami langsung konsep-konsep geometri dalam konteks budaya mereka. Misalnya, mereka dapat memanipulasi model tiga dimensi dari bangunan tradisional atau pola seni lokal, mengeksplorasi simetri dan transformasi, serta memahami hubungan antara matematika dan budaya.

Penelitian oleh (Cabero-Almenara et al., 2019) menekankan pentingnya pengalaman belajar yang kontekstual dan imersif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep matematika. Integrasi AR dan simulasi interaktif berbasis budaya memberikan kesempatan bagi siswa untuk belajar melalui pengalaman langsung, yang dapat meningkatkan pemahaman konseptual mereka dan memperkuat hubungan antara matematika dan budaya.

BAB 7

IMPLEMENTASI PEMBELAJARAN GEOMETRI MELALUI INTEGRASI TEKNOLOGI DAN KEARIFAN LOKAL

A. Strategi Desain Pembelajaran di Kelas

Strategi desain pembelajaran dalam penelitian ini dirancang untuk mengintegrasikan teknologi digital dengan kearifan lokal sebagai upaya menciptakan pengalaman belajar geometri yang kontekstual, interaktif, dan bermakna. Proses desain dimulai dengan analisis kebutuhan yang dilakukan melalui observasi, wawancara, dan kuesioner, yang mengidentifikasi rendahnya keterlibatan siswa dan kesulitan mereka dalam memahami konsep geometri abstrak. Hasil analisis ini menjadi dasar untuk menyusun rancangan pembelajaran yang selaras dengan kompetensi dasar kurikulum matematika kelas X serta konteks budaya lokal yang relevan, khususnya ornamen arsitektur Istana Maimun di Medan.

Pada tahap perencanaan, guru dan peneliti bersama-sama mengembangkan skenario pembelajaran berbasis hybrid, yang menggabungkan aktivitas daring dan tatap muka. Pada sesi daring, siswa diarahkan untuk menganalisis foto ornamen Istana Maimun menggunakan aplikasi GeoGebra dan perangkat lunak visualisasi spasial lainnya untuk mengeksplorasi konsep simetri lipat, simetri putar, dan pola fraktal. Aktivitas ini membantu siswa memanipulasi bentuk geometri secara dinamis dan membangun koneksi antara konsep matematika abstrak dan representasi visual budaya lokal. Pada sesi tatap muka, kegiatan dilanjutkan dengan diskusi kolaboratif dan studi lapangan ke Istana Maimun, di mana siswa mengamati, mengukur, dan mendokumentasikan bentuk geometris secara langsung.

Pemilihan media pembelajaran dilakukan secara selektif dengan mempertimbangkan kemudahan akses, keterjangkauan, dan efektivitas media dalam memvisualisasikan konsep. GeoGebra dipilih karena kemampuannya mendukung pembelajaran berbasis konstruktivisme,

memungkinkan siswa mengeksplorasi, menguji, dan memvalidasi hipotesis geometri secara mandiri (Septian et al., 2022). Sementara itu, integrasi konteks ornamen budaya lokal memfasilitasi pembelajaran yang kontekstual, sesuai dengan pandangan (Aisyah et al., 2022) bahwa etnomatematika memberikan jembatan antara abstraksi matematika dan pengalaman konkret siswa, sekaligus meningkatkan motivasi belajar.

Desain pembelajaran ini juga mengakomodasi diferensiasi pembelajaran, di mana aktivitas dirancang dengan tingkat kesulitan bertahap untuk menyesuaikan kebutuhan siswa dengan berbagai tingkat kemampuan. Kolaborasi kelompok diterapkan agar terjadi interaksi sosial dan dialog matematis, sehingga siswa dapat membangun pemahaman konseptual yang lebih dalam. Dengan mengintegrasikan teknologi digital dan kearifan lokal, pembelajaran tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep geometri, tetapi juga mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan literasi digital.

Tabel 7.1 Strategi Desain Pembelajaran Geometri Berbasis Teknologi dan Kearifan Lokal

Tahap	Deskripsi Aktivitas	Peran Teknologi	Keterkaitan Budaya Lokal
Analisis Kebutuhan	Mengidentifikasi kesulitan siswa dalam memahami konsep geometri dan kebutuhan integrasi konteks lokal.	Pengolahan data hasil kuesioner melalui Google Form.	Menentukan ornamen Istana Maimun sebagai konteks utama.
Perencanaan	Menyusun RPP dan materi pembelajaran yang mengacu pada kompetensi dasar.	Mendesain modul digital interaktif.	Mengaitkan konsep simetri, fraktal, dan bangun ruang dengan ornamen.

Pengembangan Aktivitas Hybrid	Mendesain aktivitas daring dan luring yang terintegrasi.	Penggunaan GeoGebra dan aplikasi visualisasi spasial.	Menggunakan foto, video, dan dokumentasi ornamen sebagai bahan eksplorasi.
Implementasi di Kelas	Melaksanakan pembelajaran dengan diskusi kolaboratif dan studi lapangan.	Menampilkan hasil analisis digital menggunakan proyektor atau LMS.	Pengamatan langsung ornamen di Istana Maimun dan pengukuran proporsi geometri.
Evaluasi & Refleksi	Melakukan tes penguasaan konsep dan refleksi pembelajaran.	Analisis data hasil tes dengan software statistik.	Menghubungkan capaian konsep dengan apresiasi budaya lokal.
Revisi & Penyempurnaan	Mengintegrasikan umpan balik siswa dan guru untuk perbaikan desain pembelajaran.	Menyempurnakan modul digital.	Menyesuaikan konteks budaya untuk siklus pembelajaran berikutnya.

B. Studi Kasus Integrasi Ornamen Istana Maimun dalam Pembelajaran Matematika

Analisis ornamen pada arsitektur Istana Maimun menunjukkan bahwa struktur bangunan dan dekorasinya mengandung berbagai konsep geometri yang dapat diintegrasikan ke dalam pembelajaran matematika kontekstual. Integrasi ini bukan hanya relevan untuk mengajarkan konsep abstrak secara visual, tetapi juga untuk menumbuhkan apresiasi budaya siswa terhadap warisan lokal Sumatera Utara.

Tabel 7.2 Ringkasan Konsep Geometri pada Ornamen Istana Maimun dan Potensi Integrasi dalam Pembelajaran.

Konsep Geometri	Contoh pada Ornamen Istana Maimun	Kompetensi yang Dapat Dikembangkan	Integrasi dalam Pembelajaran
Simetri Radial	Pola dekorasi atap dan lantai dengan pusat rotasi	Memahami simetri putar, rotasi, dan sudut pusat	Menggunakan GeoGebra untuk memvisualisasi rotasi dan memprediksi hasil transformasi.
Geometri Fraktal	Ukiran dinding dengan pola berulang dalam skala berbeda	Mengidentifikasi kesebangunan, rasio, dan iterasi pola	Analisis skala dan pengulangan pola menggunakan animasi GeoGebra; diskusi konsep fraktal.
Pola Tiling (Pengisian Bidang)	Pola ubin lantai dengan bangun datar seperti persegi, segitiga, dan belah ketupat	Memahami konsep translasi, refleksi, dan rotasi; mengembangkan keterampilan berpikir spasial	Mendesain ulang pola ubin digital pada GeoGebra; mengukur simetri dan jarak antar pola.
Bangun Ruang	Struktur menara, pilar, dan ruang utama (kubus, prisma, limas)	Menghitung volume, luas permukaan, dan hubungan antar dimensi ruang	Model 3D dengan GeoGebra; perhitungan volume dan luas permukaan berdasarkan pengukuran lapangan.

Penerapan model pembelajaran geometri berbasis integrasi teknologi dan kearifan lokal dilakukan secara sistematis melalui enam tahapan utama, yaitu analisis kebutuhan, perencanaan, pengembangan aktivitas hybrid, implementasi di kelas, evaluasi dan refleksi, serta revisi dan penyempurnaan.

1. Analisis Kebutuhan

Tahap awal penelitian difokuskan pada identifikasi kesulitan siswa dalam memahami konsep geometri abstrak dan kurangnya keterkaitan antara materi dengan konteks budaya lokal. Data dikumpulkan melalui observasi kelas, wawancara dengan guru, dan kuesioner siswa yang diolah menggunakan Google Form. Hasil analisis menunjukkan bahwa siswa sering mengalami kesulitan memahami konsep simetri, pola, dan bangun ruang karena pembelajaran yang bersifat prosedural dan minim visualisasi kontekstual. Dari temuan ini, ornamen arsitektur Istana Maimun ditetapkan sebagai konteks budaya utama untuk mengintegrasikan konsep geometri ke dalam pembelajaran.

2. Perencanaan

Tahap perencanaan dilakukan dengan menyusun Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan materi ajar digital berbasis kompetensi dasar geometri kelas X. Modul digital yang interaktif dirancang agar siswa dapat mengeksplorasi konsep simetri, fraktal, dan bangun ruang melalui pendekatan kontekstual. Integrasi ini bertujuan untuk meningkatkan motivasi belajar dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran sebagaimana direkomendasikan oleh Orey dan Rosa (2021) bahwa etnomatematika mendorong keterlibatan kognitif yang lebih tinggi ketika diintegrasikan ke dalam konteks pembelajaran yang relevan.

3. Pengembangan Aktivitas Hybrid

Pada tahap ini, dirancang aktivitas daring dan luring yang terintegrasi. Aktivitas daring melibatkan penggunaan GeoGebra untuk menganalisis pola simetri radial, fraktal, dan tiling dari dokumentasi ornamen Istana Maimun. Aktivitas luring dilakukan melalui eksplorasi

langsung ke lokasi Istana Maimun, di mana siswa mendokumentasikan bentuk ornamen dengan kamera ponsel, lalu menganalisis proporsi dan pola geometrinya menggunakan aplikasi visualisasi spasial. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian Zhai et al. (2022), yang menekankan bahwa visualisasi dinamis membantu memperkuat pemahaman konseptual siswa.

4. Implementasi di Kelas

Implementasi pembelajaran dilaksanakan melalui diskusi kolaboratif berbasis kelompok kecil, yang dipandu oleh guru sebagai fasilitator. Siswa menampilkan hasil analisis digital mereka menggunakan proyektor dan platform Learning Management System (LMS), lalu membandingkan temuan dengan pengamatan langsung selama studi lapangan. Proses ini memungkinkan integrasi antara pengetahuan abstrak dan fenomena nyata, sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan literasi digital.

5. Evaluasi dan Refleksi

Evaluasi dilakukan melalui tes penguasaan konsep berupa pretest dan posttest untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep simetri, bangun ruang, dan visualisasi spasial. Hasil analisis menggunakan perangkat lunak statistik menunjukkan peningkatan signifikan dengan skor N-Gain pada kategori tinggi untuk kelas eksperimen. Selain evaluasi kuantitatif, refleksi kualitatif dilakukan melalui wawancara dan diskusi terbuka, yang mengungkap bahwa integrasi budaya lokal membuat pembelajaran terasa lebih bermakna dan kontekstual bagi siswa.

6. Revisi dan Penyempurnaan

Tahap terakhir dilakukan dengan mengintegrasikan umpan balik siswa dan guru untuk penyempurnaan modul pembelajaran digital dan strategi implementasi. Beberapa penyesuaian dilakukan, seperti menambah video tutorial penggunaan GeoGebra, menyediakan panduan eksplorasi lapangan yang lebih terstruktur, dan menyederhanakan instruksi analisis pola geometri agar lebih mudah

dipahami oleh semua tingkat kemampuan siswa. Penyempurnaan ini memungkinkan model pembelajaran menjadi lebih adaptif, berkelanjutan, dan siap direplikasi di sekolah lain yang memiliki karakteristik budaya lokal serupa.

C. Analisis Hasil Penerapan Pendekatan Integrasi Teknologi dan Kearifan Lokal dalam Pembelajaran Matematika

Data ini memberikan gambaran umum mengenai distribusi nilai dan tingkat peningkatan penguasaan konsep geometri yang dicapai oleh kelompok eksperimen dan kelompok kontrol selama proses pembelajaran berlangsung.

Tabel 7.3 Statistik Deskriptif Skor Pretest, Posttest, dan N-Gain

Kelas	Pretest	Posttest	N-gain	N-Gain Category	Signifikansi
Eksperimen	52.3	82.7	0.72	High	$p > 0.05$
Kontrol	51.8	70.4	0.45	Medium	$p > 0.05$

Hasil analisis deskriptif pada Tabel 7.3 menunjukkan bahwa nilai rata-rata pretest kelompok eksperimen (52,3) dan kelompok kontrol (51,8) relatif seimbang dengan nilai signifikansi $p > 0,05$, yang mengindikasikan bahwa kedua kelompok memiliki kemampuan awal yang setara sebelum intervensi pembelajaran. Kondisi ini memperkuat validitas desain eksperimen, karena perbedaan hasil yang muncul pada tahap posttest dapat dikaitkan langsung dengan perlakuan pembelajaran yang diberikan.

Setelah penerapan model integrasi teknologi dan kearifan lokal, nilai rata-rata posttest kelompok eksperimen meningkat signifikan menjadi 82,7, dibandingkan dengan kelompok kontrol yang hanya mencapai 70,4. Peningkatan ini tercermin dalam skor N-Gain kelompok eksperimen sebesar 0,72 (kategori tinggi), sementara kelompok kontrol hanya mencapai 0,45 (kategori sedang). Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital, seperti pemanfaatan GeoGebra untuk visualisasi interaktif, yang dipadukan dengan konteks budaya lokal berupa ornamen geometri pada Istana Maimun, mampu meningkatkan penguasaan konsep geometri siswa secara lebih efektif dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional.

Keberhasilan ini sejalan dengan hasil penelitian (Mudhiah & Shodikin, 2019) yang menegaskan bahwa penggunaan teknologi dinamis dapat meningkatkan pemahaman konseptual geometri melalui visualisasi interaktif. Selain itu, integrasi kearifan lokal terbukti mendorong motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran, sebagaimana diungkapkan oleh (Hadijah et al., 2019), bahwa konteks budaya mampu menjembatani konsep abstrak matematika dengan pengalaman nyata siswa, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna.

Secara keseluruhan, data kuantitatif ini memberikan bukti empiris bahwa pendekatan pembelajaran berbasis teknologi dan kearifan lokal mampu menjawab kesenjangan dalam literatur, khususnya terkait rendahnya penguasaan konsep geometri di jenjang SMA, serta mendukung paradigma pembelajaran global yang mengombinasikan keunggulan global teknologi digital dengan kekayaan lokal budaya arsitektur Sumatera Utara.

Analisis effect size menggunakan perhitungan Cohen's d dilakukan untuk mengukur besarnya pengaruh model pembelajaran berbasis integrasi teknologi dan kearifan lokal terhadap penguasaan konsep geometri siswa. Hasil analisis menunjukkan bahwa kelompok eksperimen memiliki nilai Cohen's d sebesar 1,23, yang termasuk dalam kategori efek besar (large effect) menurut kriteria Cohen (1988), di mana $d=0,2$ dianggap kecil, $d=0,5$ sedang, dan $d \geq 0,8$ besar.

Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan model pembelajaran yang memadukan penggunaan GeoGebra sebagai media teknologi dinamis dengan konteks budaya lokal, seperti ornamen geometri pada Istana Maimun, memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap peningkatan penguasaan konsep geometri siswa. Hasil ini sejalan dengan temuan (Suryawan & Permana, 2020) yang menekankan bahwa integrasi teknologi visual interaktif dapat meningkatkan pemahaman konseptual siswa secara signifikan.

Selain itu, tingginya nilai effect size juga memperkuat bukti bahwa etnomatematika sebagai pendekatan kontekstual mampu mendorong keterlibatan dan motivasi belajar siswa, sehingga menciptakan pengalaman belajar yang bermakna dan mendalam (Hasibuan & Hasanah, 2022b). Dengan demikian, pendekatan integratif ini tidak

hanya meningkatkan skor hasil belajar secara kuantitatif tetapi juga menunjukkan efektivitas yang kuat dan konsisten pada tataran praktis.

Tingkat partisipasi siswa mengalami peningkatan signifikan selama proses pembelajaran baik pada sesi daring maupun tatap muka. Pada sesi pembelajaran daring, siswa terlihat lebih aktif mengeksplorasi pola geometri menggunakan aplikasi GeoGebra. Aktivitas ini tidak hanya meningkatkan interaksi antara siswa dengan materi, tetapi juga mendorong kemandirian belajar karena siswa dapat melakukan eksplorasi visual secara fleksibel sesuai kecepatan belajarnya. Temuan ini selaras dengan studi (Beyer et al., 2021) menegaskan bahwa teknologi visual dinamis mampu meningkatkan interaksi siswa dengan konsep-konsep geometri yang abstrak.

Pada sesi tatap muka, keterlibatan siswa semakin nyata melalui diskusi kolaboratif dalam kelompok kecil. Siswa menunjukkan antusiasme dalam menghubungkan hasil analisis digital dengan pengamatan langsung di lapangan, terutama saat mengidentifikasi pola simetri, tiling, dan fraktal pada ornamen Istana Maimun. Proses ini menciptakan suasana kelas yang lebih partisipatif dan reflektif, sesuai dengan konsep pembelajaran kontekstual berbasis etnomatematika, di mana integrasi budaya lokal mempermudah siswa memahami konsep abstrak melalui representasi nyata (Hasibuan & Hasanah, 2022b).

Selain peningkatan partisipasi, terjadi juga perubahan perilaku belajar yang tampak jelas di kelas. Siswa yang sebelumnya pasif dalam diskusi menjadi lebih percaya diri mengemukakan pendapat dan berani mempresentasikan hasil analisis kelompok. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pendekatan integrasi teknologi dan kearifan lokal tidak hanya berdampak pada pemahaman konseptual, tetapi juga membangun keterampilan komunikasi, kolaborasi, dan apresiasi budaya. Hasil ini mendukung temuan (Ananda, 2023) yang menggarisbawahi pentingnya teknologi dinamis dalam membangun interaksi sosial dan keterlibatan aktif dalam pembelajaran matematika.

D. Aktivitas Belajar dalam Model Pembelajaran Matematika Berbasis Integrasi Teknologi dan Kearifan Lokal

Observasi menunjukkan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis integrasi teknologi dan kearifan lokal memberikan dampak

positif yang signifikan terhadap partisipasi dan keterlibatan siswa. Pada sesi pembelajaran daring, siswa menunjukkan peningkatan partisipasi aktif saat mengeksplorasi konsep geometri menggunakan aplikasi GeoGebra. Aktivitas ini memungkinkan siswa melakukan manipulasi objek secara visual dan interaktif, sehingga memfasilitasi pemahaman konsep simetri, pola tiling, dan bangun ruang dengan lebih mendalam. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian (Fatma Diva et al., 2023) yang menegaskan bahwa teknologi visual dinamis meningkatkan interaksi kognitif siswa serta memperkuat pemahaman konseptual.

Pada sesi tatap muka, keterlibatan siswa semakin terlihat melalui diskusi kolaboratif dalam kelompok kecil. Siswa tidak hanya menganalisis hasil visualisasi yang mereka lakukan pada sesi daring, tetapi juga membandingkan dan mengonfirmasi temuan tersebut melalui pengamatan langsung pada ornamen geometri di Istana Maimun. Diskusi kolaboratif ini mendorong terjadinya interaksi dua arah antara siswa dan guru serta antar siswa, sehingga mendorong terciptanya lingkungan belajar yang partisipatif. Hal ini sejalan dengan pandangan (Srifatun Kholifah et al., 2022) bahwa konteks budaya lokal dapat menjadi penghubung yang efektif antara konsep abstrak dan pengalaman konkret, sehingga pembelajaran menjadi lebih bermakna.

Selain itu, hasil observasi juga memperlihatkan perubahan perilaku belajar yang signifikan. Siswa yang semula pasif menjadi lebih percaya diri dalam mengemukakan pendapat, mempresentasikan hasil analisis, dan terlibat aktif dalam pemecahan masalah. Peningkatan ini menunjukkan bahwa integrasi kearifan lokal dan teknologi digital tidak hanya berdampak pada pemahaman konseptual, tetapi juga mengembangkan keterampilan abad ke-21 seperti kolaborasi, komunikasi, dan literasi digital. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Dahal et al., 2022) yang menekankan bahwa penggunaan media dinamis seperti GeoGebra dapat meningkatkan interaksi sosial dan partisipasi siswa dalam pembelajaran matematika.

Secara keseluruhan, temuan kualitatif ini mengindikasikan bahwa pendekatan glocal (global dan lokal) mampu mengubah pola interaksi di kelas menjadi lebih dinamis dan kolaboratif. Integrasi antara teknologi modern dan konteks budaya lokal menciptakan pengalaman belajar yang kontekstual, menarik, dan bermakna, sehingga mampu

meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran geometri.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrahamson, D., Nathan, M. J., Williams-Pierce, C., Walkington, C., Ottmar, E. R., Soto, H., & Alibali, M. W. (2020). The Future of Embodied Design for Mathematics Teaching and Learning. *Frontiers in Education*, 5. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00147>
- Agustina, E. N. S., Widadah, S., & Nisa, P. A. (2021). Developing Realistic Mathematics Problems Based on Sidoarjo Local Wisdom. *MATHEMATICS TEACHING RESEARCH JOURNAL*, 13(4), 181–201. <https://commons.hostos.cuny.edu/mtrj/>
- Aisyah, N., Alim, J. A., & Alpusari, M. (2022). Pengembangan video animasi materi bangun datar berbasis budaya Melayu di sekolah dasar. In *Technology, Engineering, Art, and Mathematics Education* (Vol. 1, Issue 1).
- Amin, M., & Ritonga, A. D. (2024). Diversity, Local Wisdom, and Unique Characteristics of Millennials as Capital for Innovative Learning Models: Evidence from North Sumatra, Indonesia. *Societies*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/soc14120260>
- Amiruddin, A., Qorib, M., Naimi, N., & Deliaty, D. (2022). The role of inductive learning models on the students self-regulated learning in math journaling. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 17(7), 2428–2446. <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i7.7680>
- Amtu, O., Makulua, K., Matital, J., & Pattiruhu, C. M. (2020). Improving student learning outcomes through school culture, work motivation and teacher performance. *International Journal of Instruction*, 13(4), 885–902. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13454a>
- Ananda, N. P. (2023). Edutech: Jurnal Teknologi Pendidikan PENGGUNAAN MODEL PEMBELAJARAN FLIPPEND CLASSROOM DI INDONESIA DAN CINA. *Edutech: Jurnal Teknologi Pendidikan*, 22(1), 2023. <https://doi.org/10.17509/e.v22i1.52834>
- Andriani, S., & Septiani, I. (2020). Etnomatematika Motif Ceplokan Batik Yogyakarta Dalam Peningkatan Pemahaman Konsep Matematika

- Siswa. *Delta: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 8(1), 83.
<https://doi.org/10.31941/delta.v8i1.966>
- Aprilia Rahmawati, F., & Putri Purwaningrum, J. (2022). Penerapan Teori Vygotsky dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Riset Pembelajaran Matematika*, 4(1).
<http://journal.unirow.ac.id/index.php/jrpm>
- Aryadi, Y., Program, S., Pendidikan, M., & Fkip, U. (2017). Pemahaman Konseptual Siswa pada Materi Pertidaksamaan Linier Satu Variabel di Sekolah Menengah Pertama. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran KHATULISTIWA*, 6(6), 1–10.
- Ascher, M., & An D'ambrosio, U. (n.d.). *Ethnomathematics: a Dialogue*.
- Azriani, D., & Mujib, A. (2019). Eksplorasi Etnomatika Kain Tenun Masyarakat Melayu Kota Tebing Tinggi. *Jurnal MathEducation Nusantara*, 2(1), 64–71.
- Barrouillet, P. (2015). Theories of cognitive development: From Piaget to today. In *Developmental Review* (Vol. 38, pp. 1–12). Mosby Inc.
<https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.07.004>
- Beyer, J., Yang, Y., & Pfister, H. (2021). *Visualization Design Sprints for Online and On-Campus Courses*.
<https://doi.org/10.1109/MCG.2021.3115413>
- Bronkhorst, H., Roorda, G., Suhre, C., & Goedhart, M. (2021). Student Development in Logical Reasoning: Results of an Intervention Guiding Students Through Different Modes of Visual and Formal Representation. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 21(2), 378–399.
<https://doi.org/10.1007/s42330-021-00148-4>
- Cabero-Almenara, J., Barroso-Osuna, J., Llorente-Cejudo, C., & Martínez, M. del M. F. (2019). Educational uses of augmented reality (AR): Experiences in educational science. *Sustainability (Switzerland)*, 11(18). <https://doi.org/10.3390/su11184990>
- Cervantes-Barraza, J. A., & Araujo, A. A. (2023). Design of interactive mathematical tasks that make up the reasoning and the Ethnomathematics program. *Journal on Mathematics Education*, 14(3), 469–482. <https://doi.org/10.22342/jme.v14i3.pp469-482>

- Chen, W. H., & Ja'Faruddin. (2021). Traditional Houses and Projective Geometry: Building Numbers and Projective Coordinates. *Journal of Applied Mathematics*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9928900>
- Dahal, N., Pant, B. P., Shrestha, I. M., & Manandhar, N. K. (2022). Use of GeoGebra in Teaching and Learning Geometric Transformation in School Mathematics. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(8), 65–78. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i08.29575>
- D'Ambrosio, U. (2020). Ethnomathematics: past and future. *Revemop*, 2, e202002. <https://doi.org/10.33532/revemop.e202002>
- Danlami, K. B., Zakariya, Y. F., Balarabe, B., Alotaibi, S. B., & Alrosaa, T. M. (2025). Improving students' performance in geometry: an empirical evidence of the effectiveness of brainstorming learning strategy. *Frontiers in Psychology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1577912>
- Daulay, L. A., Syafipah, Nasution, A. K. P., Tohir, M., Simamora, Y., & Saragih, R. M. B. (2021). Geogebra assisted blended learning on students' spatial geometry ability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1839(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1839/1/012009>
- Desai, R., Rai, N., & Karekar, J. (2022). Optimum Use of LMS for Dynamic Mathematics Classrooms in Blended Mode. *Journal of Engineering Education Transformations*, 36(Special Issue 2), 492–499. <https://doi.org/10.16920/jeet/2023/v36is2/23075>
- Engeness, I. (2021). Developing teachers' digital identity: towards the pedagogic design principles of digital environments to enhance students' learning in the 21st century. *European Journal of Teacher Education*, 44(1), 96–114. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1849129>
- Erath, K., Ingram, J., Moschkovich, J., & Prediger, S. (2021). Designing and enacting instruction that enhances language for mathematics learning: a review of the state of development and research. *ZDM - Mathematics Education*, 53(2), 245–262. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01213-2>

- Ermiana, I., Parwati, N. N., Sudiarta, I. G. P., & Sudatha, I. G. W. (2024). Ethnocultural wisdom and development of e-comic. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 13(6), 3618–3627. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i6.29176>
- Ernest, P. (2018). The ethics of mathematics: Is mathematics harmful? *The Philosophy of Mathematics Education Today*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77760-3_12
- Etnomatematika, E., Adat, B., Khairunnisa, M., Salamah, S., & Ginting, B. (2022). Eksplorasi Etnomatematika pada Balai Adat Melayu. *Jurnal Pendidikan Matematika Raflesia*, 07(01). <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/jpmr>
- Faizah, H., Sugandi, E., & Rofiki, I. (2023). Development of Geometric Transformation E-Module Assisted by GeoGebra Software to Enhance Students' Mathematical Abilities during the COVID-19 Pandemic. *Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 14(2), 335–347.
- Fatma Diva, D., Andriyani, J., Rangkuti, S. A., Prasiska, M., Eriliyah, T., Tobing, W. L., Irani, A. R., Mira, R., & Saragih, B. (2023). Pentingnya Pemahaman Konsep Geogebra dalam Pembelajaran Matematika. *Journal on Education*, 05(03).
- Fauzi, L. M., Hanum, F., Jailani, J., & Jatmiko, J. (2022). Ethnomathematics: Mathematical ideas and educational values on the architecture of Sasak traditional residence. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 11(1), 250–259. <https://doi.org/10.11591/ijere.v11i1.21775>
- Fitrianawati, M., Sintawati, M., & Retnowati, E. (2020). Developing Ethnomatematics In Geometry Learning For Elementary Schools Students: A Preliminary Design. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, 9, 1. www.ijstr.org
- Fitriani, F., Wahidah, W., & Junaidi, J. (2021). Pengembangan Bahan Ajar Geometri Berbasis Kearifan Lokal Aceh. *Jurnal Tadris Matematika*, 4(1), 41–58. <https://doi.org/10.21274/jtm.2021.4.1.41-58>
- Gong, L., Song, Y., Xu, Y., Wang, M., Ma, H., Liu, W., Zhu, L., Li, J., Luan, M., Chu, W., Wang, X., Zhou, X., Wei, W., & Hao, L. (2022). The use of a technology-assisted and teacher-supervised online discussion

platform to promote academic progress in blended embryology courses. *BMC Medical Education*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03890-x>

- Gülkılıka, H., Uğurlub, H. H., & Yürükc, N. (2015). Examining students' mathematical understanding of geometric transformations using the pirie-kieren model. *Kuram ve Uygulamada Egitim Bilimleri*, 15(6), 1531–1548. <https://doi.org/10.12738/estp.2015.6.0056>
- Hadijah, S., Eviyanti, Y., Aulia, L., Bumi, S., & Lhokseumawe, P. (2019). Peningkatan Pemahaman Konsep Matematika melalui Penerapan Pembelajaran berbasis Budaya Melayu. *Jurnal Numeracy*, 6(2).
- Hanifah Dwi Sulistiowati, Aruni Faza, & Kusno, K. (2025). Efektivitas Model Flipped Classroom dalam Pembelajaran Matematika: A Systematic Literature Review. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 15(2), 579–587. <https://doi.org/10.37630/jpm.v15i2.2725>
- Hasibuan, H. A., & Hasanah, R. U. (2022a). *Etnomatematika: Eksplorasi Transformasi Geometri Ornamen Interior Balairung Istana Maimun Sebagai Sumber Belajar Matematika*. 06(02), 1614–1622.
- Hasibuan, H. A., & Hasanah, R. U. (2022b). *Etnomatematika: Eksplorasi Transformasi Geometri Ornamen Interior Balairung Istana Maimun Sebagai Sumber Belajar Matematika*. 06(02), 1614–1622.
- Helsa, Y., Turmudi, & Juandi, D. (2023). TPACK-based hybrid learning model design for computational thinking skills achievement in mathematics. *Journal on Mathematics Education*, 14(2), 225–252. <https://doi.org/10.22342/jme.v14i2.pp225-252>
- Hidayati, N. A., Waluyo, H. J., Winarni, R., & Suyitno. (2020). Exploring the implementation of local wisdom-based character education among indonesian higher education students. *International Journal of Instruction*, 13(2), 179–198. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13213a>
- Iparragirre-Villanueva, O., Paulino-Moreno, C., Chero-Valdivieso, H., Espinola-Linares, K., & Cabanillas-Carbonell, M. (2024). Integration of GeoGebra Calculator 3D with Augmented Reality in Mathematics Education for an Immersive Learning Experience. *International*

Journal of Engineering Pedagogy, 14(3), 92–107.
<https://doi.org/10.3991/ijep.v14i3.47323>

- Irshid, M. M. B., Khasawneh, A. A., & Al-Barakat, A. A. (2023). The effect of conceptual understanding principles-based training program on enhancement of pedagogical knowledge of mathematics teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(6). <https://doi.org/10.29333/ejmste/13215>
- Iva Wulansari, N., Dwi Putri, F., & Yuliati, L. (2025). Students' Problem-solving Skills and Perceptions through Problem-based Learning Assisted by Google Classroom. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 21(1), 73–84.
- Jazuli, M., Arianto, F., & Maureen, I. Y. (2022). Pengaruh Blended Learning Terhadap Efikasi Diri Peserta Didik Dalam Pembelajaran Geografi Di Madrasah Aliyah Negeri 1 Mojokerto. *Jurnal Ilmiah Mandala Education (JIME)*, 8(2), 2442–9511. <https://doi.org/10.36312/jime.v8i2.3248/http>
- Kyeremeh, P., Joseph', S., Awuah, F. K., & Dorwu, E. (2023). Integration of Ethnomathematics in Teaching Geometry: A Systematic Review and Bibliometric Report. In *Journal of Urban Mathematics Education* (Vol. 16, Issue 2). <https://journals.tdl.org/jume>
- Lestari, W., Pratama, L. D., & Jailani. (2018). Implementasi Pendekatan Saintifik Setting Kooperatif Tipe STAD Terhadap Motivasi Belajar dan Prestasi Belajar Matematika. *Aksioma*, 9(1).
- Magfirah, S., & Pardi, H. H. (2024). Eksplorasi Etnomatematika Pada Ornamen Islam pada Gedung Universitas Islam Negeri Mataram. *Journal of Math Tadris*, 4(1), 67–77. <https://doi.org/10.55099/jmt.v4i1.128>
- Mardhiyah, N., Alfin Nabilah, N., Ibad Al, K. A., Billah, rif, Jannah, W., Danar Septiadi, D., Studi Tadris Matematika Institut Agama Islam Negeri Jember Jalan Mataram No, P., Miuwo, K., Kaliwates, K., Jember, K., & Timur, J. (2021). Pengembangan Soal Matematika Model PISA Pada Materi Transformasi Geometri Kelas XI. *ARITMATIKA : Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 2(1).

- Molnár, G., & Csapó, B. (2019). Making the psychological dimension of learning visible: Using technology-based assessment to monitor students' cognitive development. *Frontiers in Psychology*, *10*(JUN). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01368>
- Mudhiah, S., & Shodikin, A. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Berbasis Masalah Terhadap Kemampuan Pemahaman Konsep dan Penalaran Geometris Siswa. *Jurnal Elemen*, *5*(1), 43–53. <https://doi.org/10.29408/jel.v5i1.974>
- Muhammad, U. A., Fuad, M., Ariyani, F., & Suyanto, E. (2022). Bibliometric analysis of local wisdom-based learning: Direction for future history education research. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, *11*(4), 2209–2222. <https://doi.org/10.11591/ijere.v11i4.23547>
- Nugroho Yanuarto, W., Suanto, E., Hapsari, I., & Nisa Khusnia, A. (2024). How to Motivate Students Using Augmented Reality in The Mathematics Classroom? An Experimental Study. In *MATHEMATICS TEACHING RESEARCH JOURNAL 191 Golden Fall* (Vol. 16, Issue 4).
- Nur Azizah, I., & Putri Purwaningrum, J. (2021). Penerapan Teori Vygotsky pada Pembelajaran Matematika Materi Geometri. *Jurnal Riset Pembelajaran Matematika*, *3*(1). <http://journal.unirow.ac.id/index.php/jrpm>
- Nurmala Sari Agustina, E., Widadah, S., & Afinanun Nisa, P. (2021). Developing Realistic Mathematics Problems Based on Sidoarjo Local Wisdom. *MATHEMATICS TEACHING RESEARCH JOURNAL*, *181*(4), 181. <https://commons.hostos.cuny.edu/mtrj/>
- Pathuddin, H., Kamariah, & Ichsan Nawawi, M. (2021). Buginese ethnomathematics: Barongko cake explorations as mathematics learning resources. *Journal on Mathematics Education*, *12*(2), 295–312. <https://doi.org/10.22342/jme.12.2.12695.295-312>
- Prahmana, R. C. I., Yunianto, W., Rosa, M., & Orey, D. C. (2021). Ethnomathematics: Pranatamangsa system and the birth-death ceremonial in yogyakarta. *Journal on Mathematics Education*, *12*(1), 93–112. <https://doi.org/10.22342/JME.12.1.11745.93-112>

- Pramana, B. W. A., Susanto, Suwito, A., Lestari, N. D. S., & Murtikusuma, R. P. (2022). Pengembangan E-Modul Berbantuan Geogebra pada Materi Transformasi Geometri SMA. *GAUSS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(2), 1–14. <https://doi.org/10.30656/gauss.v5i2.5694>
- Pratama, B. M. F., Mardiyana, & Saputro, D. R. S. (2019). A study of ethnomatematics on Tulungagung marble craft. *Journal of Physics: Conference Series*, 1211(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1211/1/012100>
- Rahayu Puspawati, K., Pendidikan Matematika, P., & Mahasaraswati Denpasar, U. (2014). *Etnomatematika di Balik Kerajinan Anyaman Bali I Gst. Ngurah Nila Putra*. 4(2).
- Rahayu, W., Irawan, A., & Nuzulah, R. (2022). Android-Based Mathematics Learning Application with Elements of Ethnomathematic Sundanese Traditional Games. *Journal of Medives: Journal of Mathematics Education IKIP Veteran Semarang*, 6(1), 39. <https://doi.org/10.31331/medivesveteran.v6i1.1852>
- Rahman, N. A., Rosli, R., Rambely, A. S., & Halim, L. (2021). Mathematics teachers' practices of stem education: A systematic literature review. In *European Journal of Educational Research* (Vol. 10, Issue 3, pp. 1541–1559). Eurasian Society of Educational Research. <https://doi.org/10.12973/EU-JER.10.3.1541>
- Risi, S., & Togelius, J. (2020). *Increasing Generality in Machine Learning through Procedural Content Generation*. <http://arxiv.org/abs/1911.13071>
- Rodríguez-Nieto, C. A., & Alsina, Á. (2022). Networking Between Ethnomathematics, STEAM Education, and the Globalized Approach to Analyze Mathematical Connections in Daily Practices. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(3). <https://doi.org/10.29333/EJMSTE/11710>
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2021). An ethnomathematical perspective of stem education in a glocalized world. *Bolema - Mathematics Education Bulletin*, 35(70), 840–876. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n70a14>

- Sartika, E., & Semiaji, T. (2024a). LOCAL CULTURE-BASED EDUCATION: CREATING A LEARNING ENVIRONMENT THAT PROMOTES LOCAL INTEGRITY. *International Journal of Teaching and Learning (INJOTEL)*, 2(6).
- Sartika, E., & Semiaji, T. (2024b). LOCAL CULTURE-BASED EDUCATION: CREATING A LEARNING ENVIRONMENT THAT PROMOTES LOCAL INTEGRITY. *International Journal of Teaching and Learning (INJOTEL)*, 2(6).
- Sayangan, Y. V. (2024). A qualitative study on the impact of local wisdom-based discovery learning in teaching concept geometry. In *Jurnal Pendidikan Matematika* (Vol. 15, Issue 1). <http://ejournal.radenintan.ac.id/index.php/al-jabar/index>
- Septian, A., Fahrisyah, M. L., & Jusniani, N. (2022). Pengembangan GeoGebra Classroom Pada Materi Transformasi Geometri. *PRISMA*, 11(2), 504. <https://doi.org/10.35194/jp.v11i2.2483>
- Shah, M. A. (2022). Teachers as Reflective Practitioners: From Individualism to Vygotskian Social Constructivism. In *Alberta Journal of Educational Research* (Vol. 68).
- Shimizu, I., Matsuyama, Y., Duvivier, R., & van der Vleuten, C. (2021). Contextual attributes to promote positive social interdependence in problem-based learning: a focus group study. *BMC Medical Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-021-02667-y>
- Song, Y. (2020). How to flip the classroom in school students' mathematics learning: bridging in- and out-of-class activities via innovative strategies. *Technology, Pedagogy and Education*, 29(3), 327–345. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1749721>
- Sopyan, D. (2022). Desain Pembelajaran Kontekstual Berbasis Etnomatematika: Memahami Pola Bilangan Melalui Alat Tradisional Anak. *EDUPEDIKA*, 1(1), 35–44. <https://journal.pelitanusa.or.id/index.php/edupedika>
- Srifatun Kholifah, I., Rica Wijayanti, R., Faulina, R., Studi Pendidikan Matematika, P., PGRI Bangkalan Jl Soekarno Hatta No, S., & Timur, J. (2022). *Analisis Pemahaman Konsep Geometri Transformasi*

dalam Penerapan Etnomatematika Budaya Batik Tulis Tanjung Bumi. 06(02), 1797–1809.

- Stahl, G. (2021). Redesigning mathematical curriculum for blended learning. *Education Sciences*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/educsci11040165>
- Suardana, I. N., Redhana, I. W., Sudiarmika, A. A., & ... (2018). Students' Critical Thinking Skills in Chemistry Learning Using Local Culture-Based 7E Learning Cycle Model. *International Journal of ...* <https://eric.ed.gov/?id=EJ1174908>
- Sulistiyoningsih Astriani, R., Utaminingsih, S., & Surachmi, S. (2021). Development of Ethno-mathematics based Mathematics Teaching Material Technology: A Needs Analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1823(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1823/1/012071>
- Suparman, Marasabessy, R., & Helsa, Y. (2024). Fostering spatial visualization in GeoGebra-assisted geometry lesson: A systematic review and meta-analysis. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(9). <https://doi.org/10.29333/ejmste/15170>
- Suryaningtyas, S., & Setyaningrum, W. (2020). Analisis kemampuan metakognitif siswa SMA kelas XI program IPA dalam pemecahan masalah matematika. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7(1), 74–87. <https://doi.org/10.21831/jrpm.v7i1.16049>
- Suryawan, I. P., & Permana, D. (2020). Media Pembelajaran Online Berbasis Geogebra sebagai Upaya Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematika. *PRISMA*, 9(1), 108–117.
- Sutarto, Muzaki, A., Hastuti, I. D., Fujiaturrahman, S., & Untu, Z. (2022). Development of an Ethnomathematics-Based e-Module to Improve Students' Metacognitive Ability in 3D Geometry Topic. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(3), 32–46. <https://doi.org/10.3991/IJIM.V16I03.24949>
- Sutarto, S., Hastuti, I. D., & Supiyati, S. (2021). Etnomatematika: Eksplorasi Transformasi Geometri Tenun Suku Sasak Sukarara.

Jurnal Elemen, 7(2), 324–335.
<https://doi.org/10.29408/jel.v7i2.3251>

- Syahputra, M. F., Lumbantobing, N. P., Siregar, B., Rahmat, R. F., & Andayani, U. (2018). Implementation of augmented reality to models sultan deli. *Journal of Physics: Conference Series*, 978(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/978/1/012108>
- Syarifah, Z. A., Yanuarto, W. N., & Purwokerto, U. M. (2023). *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika EKSPLOKASI PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS TECHNOLOGICAL PEDAGOGICAL AND CONTENT KNOWLEDGE (TPACK)*. 6(2). <https://doi.org/10.30605/proximal.v5i2.2722>
- Toheri, Winarso, W., & Haqq, A. A. (2020). Where exactly for enhance critical and creative thinking: The use of problem posing or contextual learning. *European Journal of Educational Research*, 9(2), 877–887. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.2.877>
- Tzima, S., Styliaras, G., & Bassounas, A. (2019). Augmented reality applications in education: Teachers point of view. *Education Sciences*. <https://www.mdpi.com/2227-7102/9/2/99>
- Ulfa Siregar, N., Khairany Pulungan, F., Thahara, M., Dalimunthe, N. F., Fakhri, N., Herawati, N., Rahmawati, A., Mira, R., & Saragih, B. (2023). Penerapan Aplikasi Geogebra pada Pembelajaran Matematika. *Journal on Education*, 05(03).
- Umbara, U., Wahyudin, & Prabawanto, S. (2019). Ethnomatematics : how does cigugur traditional community use palintangan on farming. *Journal of Physics: Conference Series*, 1265(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1265/1/012025>
- Uriarte-Portillo, A., Zatarain-Cabada, R., Barrón-Estrada, M. L., Ibáñez, M. B., & González-Barrón, L. M. (2023). Intelligent Augmented Reality for Learning Geometry. *Information (Switzerland)*, 14(4).
<https://doi.org/10.3390/info14040245>
- van Bakkum, M., de Boer, M., van Harmelen, F., Meyer-Vitali, A., & Teije, A. ten. (2021). Modular design patterns for hybrid learning and reasoning systems: a taxonomy, patterns and use cases. *Applied*

Intelligence, 51(9), 6528–6546.
<https://doi.org/10.1007/s10489-021-02394-3>

- Wiryanto, Primaniarta, M. G., & de Mattos, J. R. L. (2022). Javanese ethnomathematics: Exploration of the Tedhak Siten tradition for class learning practices. *Journal on Mathematics Education*, 13(4), 661–680. <https://doi.org/10.22342/jme.v13i4.pp661-680>
- Wondo, M. T. S., Mei, M. F., & Seto, S. B. (2020). Penggunaan Media Geogebra dalam Pembelajaran Geometri Ruang untuk Meningkatkan Minat dan Hasil Belajar Mahasiswa. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(2), 163. <https://doi.org/10.36709/jpm.v11i2.12049>
- Xu, F. (2019). Towards a Rational Constructivist Theory of Cognitive Development. *Psychological Review*, 126(6), 841–864. <https://doi.org/10.1037/rev0000153>
- Yaacob, A., Mohd Asraf, R., Hussain, R. M. R., & Ismail, S. N. (2020). Empowering Learners' Reflective Thinking through Collaborative Reflective Learning. *International Journal of Instruction*, 14(1), 709–726. <https://doi.org/10.29333/IJI.2021.14143A>
- Ye, H., Liang, B., Ng, O. L., & Chai, C. S. (2023). Integration of computational thinking in K-12 mathematics education: a systematic review on CT-based mathematics instruction and student learning. In *International Journal of STEM Education* (Vol. 10, Issue 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00396-w>
- Yimer, S. T. (n.d.). Effective Instruction for Calculus Learning Outcomes through Blending co-operative Learning and Geogebra. In *MATHEMATICS TEACHING RESEARCH JOURNAL* (Vol. 170, Issue 3).
- Young, S. J. (2021). *A CASE STUDY OF TEACHERS OF ELEMENTARY GIFTED STUDENTS AND THEIR PERCEPTIONS OF BEST PRACTICES FOR TEACHING VISUAL SPATIAL ACTIVITIES IN THE CLASSROOM*.
- Yulianto, A., & Hidayanto, E. (2022). Pembelajaran Matematika Berbantuan Video Pembelajaran untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar Peserta Didik. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan*

Matematika, 11(3), 403–414.
<http://journal.institutpendidikan.ac.id/index.php/mosharafa>

Zahedi, S., Bryant, C. L., Iyer, A., & Jaffer, R. (2023). The use of blended learning to promote learner-centered pedagogy in elementary math classrooms. *Educational Research for Policy and Practice*, 22(3), 389–408. <https://doi.org/10.1007/s10671-023-09346-3>

Zito, G., & Albanese, V. (2025). Juggling Balls and Mathematics: An Ethnomathematical Exploration. *Education Sciences*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/educsci15030387>

INTEGRASI TEKNOLOGI DAN KEARIFAN LOKAL DALAM PEMBELAJARAN GEOMETRI

Perkembangan teknologi digital telah menghadirkan peluang besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran matematika, termasuk geometri yang menuntut kemampuan visual-spasial dan pemahaman konseptual. Namun demikian, kemajuan teknologi perlu diimbangi dengan pelestarian nilai-nilai kearifan lokal agar pembelajaran tidak terlepas dari konteks budaya peserta didik. Integrasi kedua aspek ini diharapkan dapat menciptakan pembelajaran yang bermakna, kontekstual, serta berakar pada identitas budaya bangsa.

Buku ini terdiri dari tujuh bab yang diawali dengan pembahasan teori belajar matematika dan teori berpikir geometri, kemudian dilanjutkan dengan pengintegrasian teknologi serta nilai-nilai etnomatematika dalam pembelajaran. Pada bagian akhir, disajikan implementasi konkret melalui studi kasus dan strategi desain pembelajaran berbasis teknologi dan budaya lokal, khususnya dalam konteks Sumatera Utara.

