

INTEGRASI META-ANALISIS DALAM DESIGN THINKING: KERANGKA BERBASIS BUKTI UNTUK PEMECAHAN MASALAH MATRIKS

Nunuk Sulistyaningrum Suprpto, Ida Dwijayanti*, Aryo Andri Nugroho

Universitas PGRI Semarang
Email: Idadwijayanti@upgris.ac.id

ABSTRAK

Pemecahan masalah matriks menghadirkan hambatan epistemologis signifikan dalam pendidikan matematika, terutama saat siswa beralih dari konteks nyata ke model formal. Instrumen pembelajaran yang ada kerap dikembangkan berdasarkan intuisi perancang, sehingga validitas empirisnya terbatas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan memvalidasi kerangka hibrida MEAR-MOS (*Matrix Nearpod–Desmos*) yang mengintegrasikan meta-analisis ke dalam fase Ideasi *Design Thinking*, sehingga desain instruksional berbasis bukti dapat dihasilkan. Urgensi penelitian ini terletak pada kebutuhan mendesak untuk menjembatani kesenjangan antara abstraksi konseptual siswa dan keterbatasan pedagogis guru, yang selama ini menghambat efektivitas pembelajaran matriks di kelas. Analisis diagnostik terhadap 70 siswa dan 9 guru menyoroti kesenjangan instrumental: belum tersedia media tervalidasi yang menggabungkan visualisasi dinamis dengan manajemen kelas terstruktur. Untuk menjawab hal ini, meta-analisis atas 12 studi utama (2020–2025) dilakukan, menghasilkan ukuran efek gabungan besar ($g = 0.940, p < 0.001$). Heterogenitas tinggi ($I^2 = 90\%$) justru membuka ruang identifikasi moderator pedagogis, seperti *scaffolding* adaptif dan visualisasi geometris, yang kemudian disintesis ke dalam prototipe. Temuan menunjukkan bahwa integrasi meta-analisis dalam *Design Thinking* meningkatkan ketelitian metodologis dalam menjembatani hambatan epistemologis, sekaligus menyediakan model instruksional adaptif yang tervalidasi untuk kelas matematika abad ke-21.

Kata Kunci : *Design Thinking*, MEAR-MOS, meta-analisis, pemecahan masalah matriks, *scaffolding* adaptif.

ABSTRACT

Matrix problem-solving presents significant epistemological barriers in mathematics education, particularly when students transition from real-world contexts to formal models. Existing instructional tools are often developed based on designer intuition, limiting their empirical validity. This study aims to develop and validate the hybrid framework MEAR-MOS (Matrix Nearpod–Desmos), which integrates meta-analysis into the Ideation phase of Design Thinking to produce evidence-based instructional design. The urgency of this research lies in addressing the persistent gap between students' conceptual abstraction and teachers' pedagogical constraints, which has hindered effective matrix learning in classrooms. Diagnostic analysis of 70 students and 9 teachers revealed an instrumental gap: the absence of validated media that integrates dynamic visualization with structured classroom management. To address this, a meta-analysis of 12 major studies (2020–2025) was conducted, yielding a large combined effect size ($g = 0.940, p < 0.001$). High heterogeneity ($I^2 = 90\%$) provided opportunities to identify pedagogical moderators such as adaptive scaffolding and geometric visualization, which were synthesized into the prototype. Findings indicate that integrating meta-analysis within Design Thinking enhances methodological rigor in overcoming epistemological barriers, while simultaneously providing a validated adaptive instructional model for 21st-century mathematics classrooms.

Keywords : *Design Thinking*, MEAR-MOS, meta-analysis, matrix problem-solving, adaptive scaffolding.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan keterampilan pemecahan masalah matematika telah menjadi prioritas utama dalam pendidikan global. Hasil penilaian internasional seperti PISA dan TIMSS secara konsisten menempatkan penalaran tingkat tinggi siswa Indonesia pada kuartil bawah, menandakan krisis serius dalam pemecahan masalah non-rutin (Mullis *et al.*, 2020; OECD, 2023). Tantangan ini semakin nyata pada materi aljabar linear, khususnya matriks, di mana ketidakselarasan antara pemodelan konseptual dan kemahiran algoritmik menciptakan hambatan epistemologis yang berkelanjutan (Stewart and Troup, 2025). Studi diagnostik di Kabupaten Jepara mengonfirmasi kondisi tersebut, dengan 78,6% siswa kesulitan mentransformasi narasi kontekstual menjadi model matematika formal.

Praktik pembelajaran di kelas masih didominasi oleh latihan berulang (*drilling*) dibandingkan pendekatan eksploratif. Diagnostik guru menunjukkan kesenjangan instrumental: 88,9% guru menghadapi kendala teknis dan waktu dalam menghasilkan media digital yang tervalidasi. Intervensi berbasis teknologi seperti Desmos (visualisasi konseptual) dan Nearpod (gamifikasi interaktif) telah menunjukkan potensi (Armas-Arias *et al.*, 2023; Aryani, Patmawati and Santika, 2023; Chechan, Ampadu and Pears, 2023; Hasibuan, Asrul and Siregar, 2024). Namun, sebagian besar pendekatan masih parsial mengoptimalkan visualisasi atau interaktivitas secara terpisah dan pengembangan media sering bergantung pada preferensi subjektif perancang tanpa validasi empiris (Engelbrecht and Borba, 2024).

Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, penelitian ini memperkenalkan MEAR-MOS (*Matrix Nearpod-Desmos*), sebuah kerangka hibrida yang dikembangkan melalui pendekatan *Design Thinking* berpusat pada manusia. Berbeda dengan studi sebelumnya, penelitian ini menanamkan meta-analisis ke dalam fase Ideasi, sehingga keputusan desain tidak lagi berbasis intuisi semata, melainkan pada bukti empiris (Guaman-Quintanilla *et al.*, 2023; Qomaruddin *et al.*, 2023; Novawan *et al.*, 2024). Meta-analisis terhadap 12 studi utama (2020–2025) menghasilkan ukuran efek gabungan besar ($g = 0,940$, $p < 0,001$) untuk platform

visual–interaktif terintegrasi (Güler *et al.*, 2022; Öndeş, 2025), dengan heterogenitas tinggi ($I^2 = 90\%$). Prosedur tinjauan sistematis dalam studi ini dilakukan mengikuti protokol PRISMA (Page *et al.*, 2021), dimana heterogenitas dimanfaatkan untuk mengidentifikasi moderator pedagogis seperti *scaffolding* adaptif dan visualisasi geometris sebagai basis sintesis prototipe.

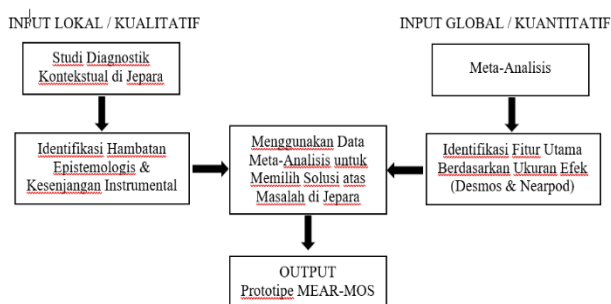
Secara konseptual, MEAR-MOS menjawab dua kesenjangan kritis: (1) mengurangi hambatan epistemologis melalui visualisasi geometris dinamis (Wei, Bos and Drijvers, 2024; Susilawati *et al.*, 2025), dan (2) mengatasi kendala instrumental melalui manajemen kelas interaktif (Lusiana *et al.*, 2025). Secara metodologis, integrasi meta-analisis dalam *Design Thinking* menetapkan kerangka kerja yang dapat direplikasi untuk desain instruksional berbasis bukti (Liedtka, 2018; Hattie, 2023). Tujuan penelitian ini adalah menunjukkan bahwa hambatan epistemologis dalam pemecahan masalah matriks dapat dijumpai secara efektif melalui peralihan dari pengembangan berbasis intuisi ke pengembangan berbasis bukti.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan kerangka hibrida MEAR-MOS yang mengintegrasikan meta-analisis ke dalam fase *Ideasi* pada pendekatan *Design Thinking*. Berbeda dengan studi terdahulu yang cenderung mengandalkan intuisi perancang atau mengoptimalkan satu aspek teknologi secara parsial, penelitian ini menegaskan novelty pada tiga dimensi utama: (1) integrasi bukti empiris global dengan diagnostik lokal, (2) penerapan meta-analisis sebagai dasar desain instruksional berbasis bukti, dan (3) fokus pada konteks matriks sebagai materi yang paling rentan terhadap hambatan epistemologis. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan instrumen pembelajaran baru yang lebih tangguh, tetapi juga menetapkan tolok ukur metodologis bagi riset dan pengembangan pendidikan, sekaligus memperkuat transisi siswa dari konteks konkret menuju abstraksi matematika formal.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan rancangan metode campuran *multipase* (*multiphase mixed-methods design*) yang terintegrasi dalam

kerangka kerja *Design Thinking* dari Stanford d.school. Struktur penelitian dirancang untuk memastikan transisi yang ketat dari identifikasi masalah ke pengembangan solusi berbasis bukti melalui dua pilar utama: eksplorasi kontekstual dan validasi empiris. Pendekatan kualitatif mendominasi fase *Empathize* dan *Define* untuk mengeksplorasi konteks pengguna di lapangan, sementara sintesis kuantitatif melalui meta-analisis diintegrasikan ke dalam fase *Ideate* untuk memvalidasi solusi instruksional. Integrasi sistematis ini menggeser proses desain dari praktik berbasis intuisi menuju pengembangan berbasis bukti empiris global yang diselaraskan dengan kebutuhan diagnostik lokal. Kerangka metodologis penelitian ditunjukkan pada Gambar 1, yang memperlihatkan integrasi antara diagnostik lokal dan bukti meta-analisis global dalam siklus *Design Thinking*.



Gambar 1. Kerangka pengembangan prototype MEAR-MOS.

Penelitian dilakukan di Kabupaten Jepara, Indonesia, dengan melibatkan tiga sekolah menengah atas yang dipilih melalui teknik *maximum variation sampling* untuk memastikan representasi institusi yang beragam: satu Madrasah Aliyah Negeri (MAN), satu Madrasah Aliyah Swasta (MAS), dan satu SMA swasta berbasis masyarakat. Subjek penelitian terdiri dari 70 siswa kelas XI dan 9 guru matematika. Kriteria inklusi guru mensyaratkan pengalaman mengajar minimal lima tahun dan keterlibatan aktif dalam instruksi matriks untuk memastikan wawasan diagnostik tingkat ahli.

Prosedur penelitian mengikuti empat fase rekursif *Design Thinking*:

1. *Empathize* (Diagnostik Kontekstual) melalui survei dan wawancara semi-terstruktur.
2. *Define* (Pembingkai Masalah) menggunakan teknik *Point of View (POV)* dan *User Persona*.

3. *Ideate* (Integrasi Meta-Analisis) mengikuti pedoman PRISMA 2020. Pencarian sistematis di Scopus, Web of Science, ERIC, dan Google Scholar mengidentifikasi 312 publikasi. Proses seleksi studi ditunjukkan pada Gambar 2, yang menggambarkan tahapan identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi.
4. *Prototype* (Pengembangan Berbasis Bukti) menggabungkan visualisasi dinamis *Desmos* dan scaffolding interaktif *Nearpod* ke dalam media MEAR-MOS

Instrumen penelitian dikembangkan untuk menangkap data multidimensi. Instrumen kualitatif berupa kuesioner kebutuhan diagnostik dan panduan wawancara guru divalidasi melalui *expert judgment* melibatkan pakar pendidikan matematika, teknologi instruksional, dan praktisi senior melalui *Focus Group Discussion (FGD)*. Konsistensi internal kuesioner dikonfirmasi dengan Cronbach's alpha ($\alpha > 0,70$). Untuk instrumen kuantitatif, protokol ekstraksi data standar digunakan untuk menyaring data statistik (Mean, SD, N) dari studi primer dalam meta-analisis. Ukuran efek dihitung menggunakan *Hedges' g* untuk meminimalkan bias pada sampel kecil.



Gambar 2. Diagram PRISMA meta-analisis

Studi primer yang diinklusi kemudian dirangkum dalam Tabel 1, memuat informasi perlakuan, ukuran sampel, serta ukuran efek.

Tabel 1. Studi primer meta-analisis (2020–2025)

No	Study	Perlakuan	N _E	N _C	Effect Size	SE
1	Hasibuan, Asrul dan Siregar (2024)	Desmos	24	24	3	0,421
2	Septian <i>et al.</i> (2025)	Desmos	32	34	1,56	0,281
3	Mirunnisa dan Razi (2022)	Desmos	30	30	1,12	0,278
4	Ardiansyah, Putri dan Djouharochmah (2024)	Nearpod	36	36	1,11	0,253
5	Sari, Rusnilawati and Ali (2023)	Nearpod	12	12	0,99	0,43
6	Syafura dan Yarman (2025)	Desmos	36	36	0,88	0,247
7	Septiani, Putri dan Suwangsih (2025)	Nearpod	23	21	0,6	0,309
8	Suandi, Hamidah dan Hidayat (2024)	Nearpod	26	26	0,57	0,283
9	Zusgi dan Hadi (2024)	Nearpod	30	34	0,57	0,255
10	Astuti, Heryani dan Herawati (2025)	Desmos	36	24	0,55	0,268
11	Aryani, Patmawati dan Santika (2023)	Nearpod	34	34	0,53	0,247
12	Sundah, Sembiring dan Yumiati (2022)	Desmos	16	20	0,16	0,336

Teknik analisis data menggunakan pendekatan triangulasi metodologis. Data kualitatif dari fase *Empathize* dan *Define* dianalisis secara induktif menggunakan model interaktif Miles, Huberman, dan Saldaña (2019) yang meliputi kondensasi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Analisis didukung oleh perangkat lunak NVivo 12 dengan triangulasi sumber antara perspektif siswa dan guru. Sementara itu, data meta-analisis diproses menggunakan JASP 0.95.4 dan paket *metafor* dalam R. Ukuran efek gabungan diestimasi menggunakan *random-effects* model untuk mengakomodasi heterogenitas tinggi ($I^2 = 90\%$) yang ditemukan antar studi. Pengujian bias publikasi dilakukan menggunakan *funnel plot* dan uji regresi Egger untuk menjamin ketelitian metodologis hasil sintesis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan MEAR-MOS (*Matrix Nearpod-Desmos*) melalui pendekatan *Design Thinking*. Temuan menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran matematika bukan sekadar

digitalisasi konten, melainkan rekonstruksi pengalaman belajar untuk mengatasi hambatan epistemologis siswa. Hal ini sejalan dengan arah kebijakan nasional mengenai *deep learning* (Kemendikbudristek, 2025) dan perspektif bahwa ruang kelas harus menumbuhkan pemikiran aktif siswa daripada penerimaan informasi pasif (Liljedahl, 2020). Data internasional (OECD, 2023; Mullis et al., 2020) memperkuat urgensi transformasi tersebut, sementara Stewart dan Troup (2025) menyoroti tantangan global yang persisten dalam pendidikan aljabar linear. Berangkat dari urgensi tersebut, langkah pertama dalam kerangka *Design Thinking* adalah fase *Empathize*.

3.1. Fase *Empathize*

Fase *Empathize* melibatkan 70 siswa dan mengungkap hambatan epistemologis yang signifikan dalam pembelajaran matriks. Sebanyak 78,6% siswa mengalami kesulitan memahami konsep matriks abstrak, 65,7% kesulitan mentransformasi soal kontekstual ke notasi matriks, dan 52,9% menilai metode konvensional monoton sehingga menurunkan keterlibatan. Temuan ini menegaskan bahwa hambatan epistemologis bukan hanya persoalan kognitif, tetapi juga terkait dengan keterlibatan emosional siswa dalam kelas.

Tabel 2. Distribusi Hambatan Belajar Siswa

No	Indikator Hambatan	Persentase	Kategori	Interpretasi Data
1	Defisit Pemahaman Konseptual	78,6 %	Tinggi	Kesulitan memahami operasi abstrak
2	Kesulitan Permodelan Matematis	65,7 %	Tinggi	Gagal mentransformasi soal cerita ke notasi matriks
3	Rendahnya Keterlibatan Siswa	52,9 %	Sedang	Metode konvensional dianggap monoton/pasif

Visualisasi kualitatif melalui Peta Empati Siswa (Gambar 3) menunjukkan adanya disonansi antara kebutuhan visualisasi dengan praktik kelas. Dimensi *Says* dan *Thinks* menegaskan frustrasi terhadap metode ceramah, yang memicu kebingungan visual dan kecemasan matematika (*math anxiety*). Hal ini konsisten dengan temuan Susilawati *et al.* (2025) bahwa visualisasi dinamis dapat mengurangi *math anxiety* dan meningkatkan keterlibatan siswa secara signifikan.



Gambar 3. Peta empati siswa

Dari perspektif guru, Tabel 3 menunjukkan bahwa 88,9% guru menghadapi kendala teknis dan waktu dalam pengembangan media digital. Meski demikian, 77,8% menekankan urgensi visualisasi dinamis dan 66,7% mendukung kolaborasi digital.

Tabel 3. Kebutuhan Guru dan Tantangan Pedagogis

No	Aspek Pedagogis	Persentase	Kategori	Interpretasi Data
1	Kendala teknis dan waktu	88,9 %	Tinggi	Media harus praktis dan mudah digunakan
2	Urgensi visualisasi dinamis	77,8 %	Tinggi	Integrasi Desmos untuk konkretisasi konsep
3	Kebutuhan kolaborasi digital	66,7 %	Sedang	Integrasi Nearpod untuk interaksi kelas

Ketegangan antara keinginan berinovasi dan keterbatasan sumber daya divisualisasikan dalam Peta Empati Guru (Gambar 4).



Gambar 4. Peta empati guru

Temuan ini mengonfirmasi adanya kesenjangan instrumental: belum tersedia media yang mampu mengintegrasikan visualisasi dinamis dengan manajemen kelas yang efisien. Hal ini sejalan dengan Syafura dan Yarman (2025) yang menekankan perlunya media berbasis bukti yang praktis digunakan guru,

serta Stewart dan Troup (2025) yang menyoroti tantangan global yang persisten dalam pendidikan aljabar linear.

3.2. Fase Define

Fase *Define* menyintesis temuan lapangan dari fase *Empathize* menjadi pernyataan masalah yang presisi. Analisis difokuskan pada titik temu antara hambatan kognitif siswa dan keterbatasan pedagogis guru, sehingga menghasilkan spesifikasi desain media yang adaptif dan relevan secara kontekstual.

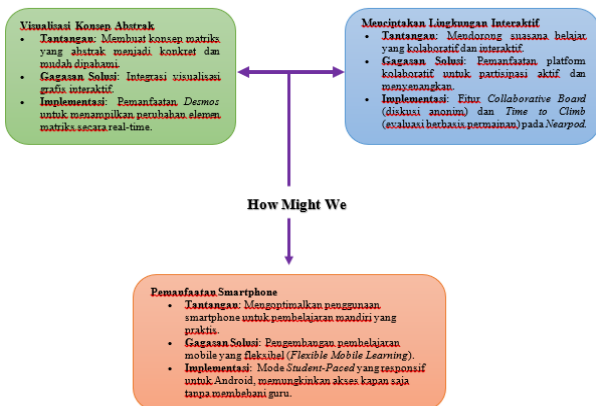
Dari perspektif siswa, hambatan epistemologis terlihat nyata dalam mentransformasi masalah kontekstual ke dalam model matematika formal. Siswa membutuhkan sebuah *Visual Bridge* atau *scaffolding visual* untuk mengonkretkan abstraksi. Hal ini sejalan dengan temuan Harisman *et al.* (2025) yang menekankan bahwa penguatan keterampilan representasi visual dapat mengurangi beban kognitif dalam pemecahan masalah. Susilawati *et al.* (2025) juga menegaskan bahwa visualisasi dinamis berperan penting dalam menurunkan kecemasan matematika (*math anxiety*) dan meningkatkan keterlibatan siswa.

Dari perspektif guru, tantangan utama adalah efisiensi teknis. Guru memerlukan alat yang mampu melakukan visualisasi *real-time* tanpa menambah kompleksitas instruksional. Chechan *et al.* (2023) menunjukkan bahwa alat visual dinamis seperti *Desmos* secara signifikan meningkatkan efisiensi mengajar dibandingkan metode konvensional. Lebih lanjut, Syafura dan Yarman (2025) menekankan perlunya media berbasis bukti yang praktis digunakan guru, terutama dalam konteks keterbatasan waktu dan sumber daya.

Untuk merumuskan spesifikasi desain, karakteristik responden dipetakan ke dalam dua profil pengguna. Profil siswa diidentifikasi sebagai kelompok yang fasih teknologi namun menuntut interaktivitas tinggi guna menjaga motivasi belajar (Susilawati *et al.*, 2025). Profil guru lebih berorientasi pada pencapaian kurikulum dengan memprioritaskan media *plug-and-play* yang mendukung manajemen kelas dan penilaian otomatis. Titik temu antara kebutuhan siswa akan interaktivitas dan tuntutan guru akan efisiensi operasional inilah yang menjadi landasan pengembangan MEAR-MOS.

Guna mengoperasionalkan tantangan tersebut ke dalam fitur konkret, strategi intervensi dirumuskan melalui diagram *How Might We* (HMW) pada Gambar 5. Terdapat tiga strategi inti yang dikembangkan:

1. Visualisasi Verifikatif (*Desmos*): Mengatasi tantangan abstraksi dengan mengintegrasikan *Desmos* sebagai alat validasi mandiri (*self-validation*), yang memungkinkan visualisasi fungsi secara dinamis dan meningkatkan pemahaman konseptual.
2. Kolaborasi Interaktif (*Nearpod*): Menangani pembelajaran pasif melalui fitur diskusi interaktif. Hal ini didukung oleh Abdullah *et al.* (2022) dan diperkuat oleh Septiani *et al.* (2025) yang menunjukkan bahwa *Nearpod* secara signifikan meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa.
3. Aksesibilitas Seluler (*Ubiquitous Learning*): Mengoptimalkan platform untuk akses seluler berbasis Android guna memastikan pembelajaran yang fleksibel, merespons tingginya adopsi ponsel pintar oleh siswa di Jepara namun terbatasnya akses komputer.



Gambar 5. Strategi *how might we* untuk pengembangan MEAR-MOS

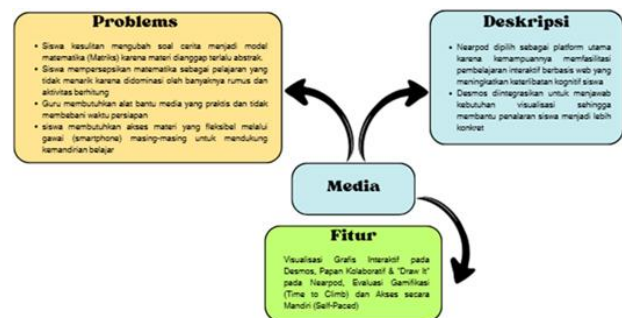
Sintesis kebutuhan siswa dan guru ini menghasilkan spesifikasi desain yang presisi, sekaligus menjadi pijakan metodologis untuk konseptualisasi solusi pada fase *Ideate*.

3.3 Fase Ideate

Fase *Ideate* mentransformasikan pernyataan masalah dari fase *Define* menjadi arsitektur media yang konkret. Melalui sintesis ide, arsitektur MEAR-MOS dibangun di atas tiga pilar teoretis yang divisualisasikan dalam

Mind Map pengembangan produk pada Gambar 6. Tiga pilar utama konseptualisasi solusi adalah

1. Mereduksi Abstraksi melalui Visualisasi Dinamis (*Desmos*): Komponen ini berfungsi sebagai *visual scaffolding* untuk membantu siswa memverifikasi solusi aljabar melalui representasi geometris interaktif. Temuan ini sejalan dengan Harisman *et al.* (2025) yang menekankan pentingnya representasi visual dalam mengurangi beban kognitif (*cognitive load*), serta Stewart dan Troup (2025) yang menyoroti tantangan global dalam pendidikan aljabar linear yang memerlukan pendekatan visual-geometris.
2. Mengoptimalkan Keterlibatan Kognitif melalui Gamifikasi (*Nearpod*): Strategi ini memanfaatkan fitur *Interactive Boards* untuk mendorong kolaborasi antar-siswa dan *Time to Climb* sebagai instrumen asesmen tergamifikasi yang menjaga motivasi belajar. Abdullah *et al.* (2022) menunjukkan efektivitas *Nearpod* dalam meningkatkan keterlibatan, dan temuan ini diperkuat oleh Septiani *et al.* (2025) yang menegaskan bahwa gamifikasi berbasis *Nearpod* mampu meningkatkan motivasi serta interaktivitas kelas secara signifikan.
3. Menjamin Akses Fleksibel melalui *Ubiquitous Learning* (Berbasis Seluler): Pengembangan diarahkan pada format seluler untuk mendukung mode pembelajaran mandiri, mengakomodasi karakteristik siswa generasi *digital native*. Susilawati *et al.* (2025) menekankan bahwa akses berbasis seluler memperkuat fleksibilitas belajar, sementara Syafura dan Yarman (2025) menegaskan perlunya media yang praktis dan adaptif bagi guru dalam konteks keterbatasan sumber daya.



Gambar 6. Visualisasi *mind map* konseptualisasi MEAR-MOS

Konseptualisasi ini merumuskan arsitektur MEAR-MOS yang siap dioperasionalkan dalam fase Prototype. Dengan mengintegrasikan bukti empiris global ke dalam kebutuhan diagnostik lokal, MEAR-MOS diposisikan sebagai model pengembangan instruksional berbasis bukti yang tervalidasi secara teoretis maupun praktis.

3.4 Sintesis Meta-Analisis dan Validasi Empiris

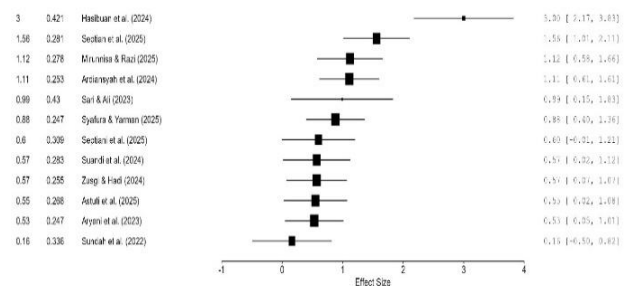
Meta-analisis terhadap 12 studi primer (2020–2025) memberikan validasi empiris yang kokoh untuk integrasi *Desmos* dan *Nearpod* ke dalam kerangka MEAR-MOS. Studi-studi tersebut secara konsisten melaporkan dampak positif terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis. Estimasi ukuran efek gabungan mengonfirmasi dampak yang sangat signifikan ($g = 0,940$; $z = 0,4947$; $p < 0,001$), dengan interval kepercayaan (CI) 95% [0,568; 1,312]. Merujuk pada Cohen (1988), nilai ini mewakili efek besar ($g > 0,80$), dan berdasarkan kriteria Hattie (2023), nilai tersebut melampaui ambang batas 0,40, sehingga menempatkan MEAR-MOS dalam zona efek pendidikan yang diharapkan. Estimasi rinci mengenai ukuran efek gabungan di bawah *random-effects model* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Estimasi Ukuran Efek Gabungan

Parameter	Estimasi	CI 95% Bawah	CI 95% Atas
Ukuran Efek Gabungan (g)	0.940	0,568	1,312
Heterogenitas (I^2)	80.47	61,19	94,51%
Varians Antar Studi (τ^2)	0.341	0,131	1,425
Interval Prediksi (95% PI)	-	0,264	2,143

Heterogenitas ditemukan cukup substansial ($I^2 = 80,47\%$), yang menunjukkan bahwa variasi antar-studi dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik populasi dan konteks instruksional. Interval prediksi [-0,264; 2,143] memperkuat temuan bahwa efektivitas di masa depan akan bergantung pada aplikasi kontekstual. Oleh karena itu, MEAR-MOS dirancang dengan fitur adaptif, termasuk *Self-Paced Learning*, untuk mengakomodasi keberagaman kebutuhan peserta didik. *Forest Plot* pada Gambar 7 mengilustrasikan bahwa sebagian besar interval kepercayaan berpihak pada kelompok eksperimen, dengan ukuran efek

yang konsisten berada di sebelah kanan sumbu vertikal (*line of no effect*).



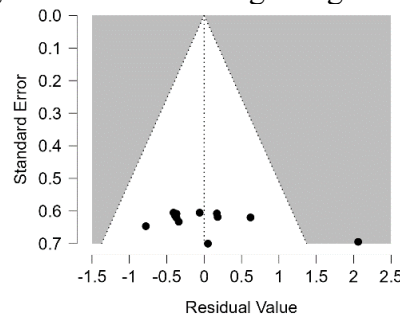
Gambar 7. Forest plot estimasi ukuran efek untuk Desmos dan Nearpod

Analisis sub-kelompok pada Tabel 5 mengungkapkan kekuatan komplementer antara kedua platform. *Desmos* menunjukkan efek yang sangat tinggi ($g = 1,19$) dengan heterogenitas besar ($I^2 = 90\%$), mengonfirmasi potensinya sebagai alat visualisasi yang kuat namun sangat bergantung pada konteks instruksional. Sebaliknya, *Nearpod* memberikan efek moderat hingga tinggi ($g = 0,71$) dengan heterogenitas nol ($I^2 = 0\%$), memvalidasi reliabilitasnya sebagai platform interaktif yang konsisten.

Tabel 5. Perbandingan Efektivitas Sub-Kelompok (Desmos vs Nearpod)

Platform	k (Studi)	g	95% CI	I^2	Interprestasi
Desmos	6	1,19	[0,17;2,20]	90	Dampak tinggi, tergantung konteks
Nearpod	6	0,71	[0,48;0,93]	0	Dampak moderat, konsisten

Bias publikasi disisihkan melalui pemeriksaan *Funnel Plot* (Gambar 8) dan uji regresi Egger ($p > 0,05$), yang mengonfirmasi ketangguhan estimasi efek gabungan.



Gambar 8. Funnel plot untuk pemeriksaan bias publikasi

Temuan meta-analisis ini sejalan dengan Stewart dan Troup (2025) yang menegaskan bahwa hambatan epistemologis dalam aljabar linear masih menjadi tantangan global. Efek

tinggi Desmos mendukung hasil Susilawati *et al.* (2025) dan Septian *et al.* (2025) yang menekankan peran visualisasi dinamis dalam meningkatkan keterampilan problem solving kreatif sekaligus menurunkan kecemasan matematika. Sementara itu, konsistensi Nearpod mengonfirmasi temuan Septiani *et al.* (2025) bahwa gamifikasi berbasis Nearpod meningkatkan motivasi dan interaktivitas kelas secara berkelanjutan. Dari perspektif guru, Syafura dan Yarman (2025) menekankan perlunya media berbasis bukti yang praktis digunakan, sehingga integrasi Nearpod dalam MEAR-MOS menjawab kebutuhan efisiensi operasional.

Validasi empiris ini menegaskan bahwa MEAR-MOS bukan sekadar integrasi teknologi, melainkan model pengembangan instruksional berbasis bukti yang adaptif terhadap konteks lokal maupun global. Dengan menggabungkan kekuatan visualisasi dinamis Desmos dan konsistensi interaktif Nearpod, MEAR-MOS diposisikan sebagai solusi yang tervalidasi secara teoretis dan praktis, sekaligus siap diuji pada fase *Prototype*.

3.5 Fase Prototipe

Fase ini mentransformasikan konsep yang telah divalidasi secara statistik pada fase *Ideate* menjadi sebuah prototipe fungsional. Desain MEAR-MOS mematuhi prinsip *User-Centered Design* dengan menekankan pada aksesibilitas dan *scaffolding* terstruktur untuk meminimalkan beban kognitif siswa. Prototipe ini terdiri atas enam komponen inti:

1. Akses Minimalis dan Orientasi Strategis

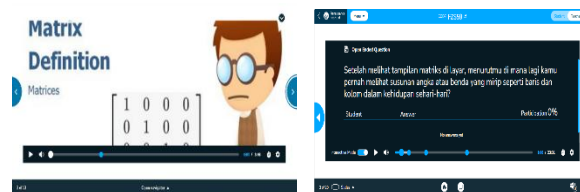
Titik masuk aplikasi dirancang sederhana melalui kode kelas unik di *Nearpod*, sehingga menghilangkan hambatan registrasi yang kompleks. Fitur *Advance Organizer* (Gambar 9) menyajikan peta jalan pembelajaran yang transparan, menguraikan tujuan dalam tiga domain: pemahaman konseptual, visualisasi matriks (*Desmos*), dan pemecahan masalah (*Polya*). Transparansi ini berfungsi sebagai *scaffolding* metakognitif, sejalan dengan temuan Harisman *et al.* (2025) bahwa struktur awal yang jelas secara signifikan mengurangi beban kognitif siswa.



Gambar 9. *Advance organizer*

2. Stimulus Empati Kontekstual (Integrasi Fase *Empathize*)

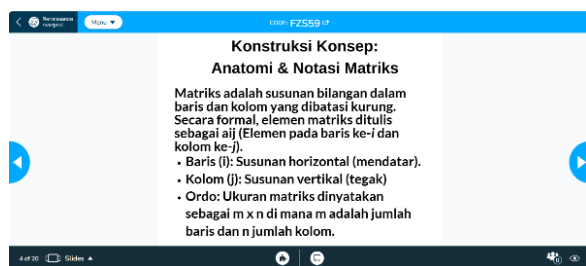
Siswa diperkenalkan dengan stimulus berupa video statistik sepak bola (Gambar 10), yang berfungsi sebagai pemicu keterlibatan (*engagement*) sekaligus *scaffolding* awal untuk menunjukkan relevansi matriks dalam mengorganisasi data dunia nyata. Pertanyaan reflektif seperti “Mengapa komputer memilih matriks?” mengarahkan siswa pada perspektif *computational thinking*. Pendekatan ini konsisten dengan Susilawati *et al.* (2025) yang menekankan pentingnya konteks autentik untuk menurunkan kecemasan matematika (*math anxiety*).



a. Video Kontekstual (b) Pertanyaan Reflektif
Gambar 10. Fase *empathize*

3. Konstruksi Konsep Formal (Implementasi Fase *Define*)

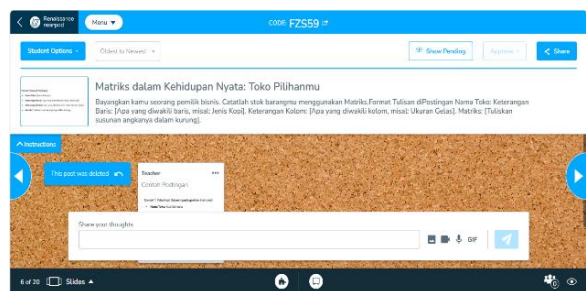
Slide “Struktur Matriks” (Gambar 11) berfungsi sebagai jembatan kognitif untuk mentransformasi data nyata menjadi notasi formal. Konsep ordo matriks ($m \times n$) dikaitkan langsung dengan data kontekstual, menegaskan bahwa notasi matematika adalah standar logis untuk mengorganisasi informasi. Prinsip minimalisme visual digunakan agar siswa tidak terbebani simbol baru, sejalan dengan Stewart dan Troup (2025) yang menyoroti perlunya *visual scaffolding* dalam pendidikan aljabar linear.



Gambar 11. Struktur matriks

4. Konseptualisasi Solusi (Integrasi Fase Ideate)

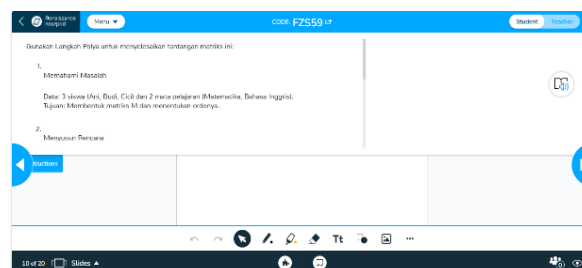
Aktivitas *Collaborate Board* (Gambar 12) bertajuk “Matriks dalam Kehidupan Nyata: Toko Pilihanmu” mengajak siswa menyusun stok barang dalam bentuk matriks. Fitur ini mendorong kolaborasi *real-time*, membangun pemahaman kolektif bahwa matriks adalah alat pengorganisasian data praktis. Septiani *et al.* (2025) menegaskan bahwa gamifikasi berbasis *Nearpod* meningkatkan motivasi dan interaktivitas kelas, sehingga aktivitas ini memperkuat keterlibatan kognitif siswa.

Gambar 12. Fitur *collaborate board*

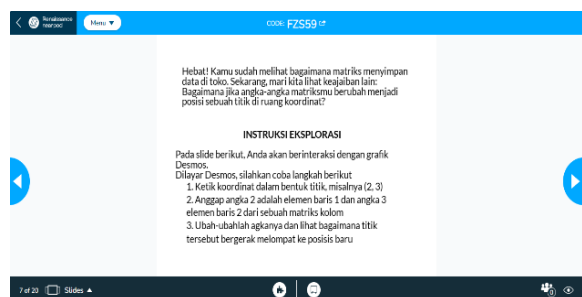
5. Fitur *Draw it* dan Visualisasi Desmos (Integrasi Fase Prototype)

Integrasi fase Prototipe mewujudkan hasil ideasi ke dalam serangkaian fitur interaktif yang dirancang untuk mereduksi beban kognitif melalui manipulasi digital dan visualisasi dinamis. Untuk mengonversi pemahaman teoritis menjadi keterampilan prosedural, media menyediakan fitur *Draw It* (Gambar 13). Fitur ini dilengkapi instruksi audio sehingga inklusif bagi berbagai gaya belajar. Selain itu, siswa diberikan “Tantangan Data” yang harus diselesaikan menggunakan empat langkah Polya secara sistematis: (1) Memahami masalah dengan mengidentifikasi data siswa dan mata pelajaran; (2) Menyusun rencana untuk mentransformasi data menjadi struktur

matriks; (3) Melaksanakan rencana dengan menyusun data ke dalam baris dan kolom yang tepat; dan (4) Melihat kembali untuk memvalidasi ordo matriks yang terbentuk.

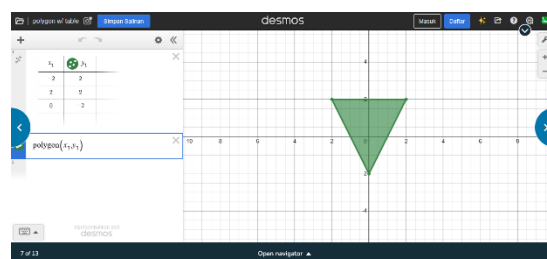
Gambar 13. Fitur *draw it*

Pendekatan ini sejalan dengan Susilawati *et al.* (2025) yang menekankan pentingnya *scaffolding* prosedural untuk menurunkan kecemasan matematika (*math anxiety*). Sebelum visualisasi penuh, siswa diberikan Instruksi Eksplorasi (Gambar 14) sebagai jembatan kognitif. Instruksi ini mengarahkan siswa membayangkan elemen matriks kolom sebagai koordinat titik (x, y) di ruang koordinat. Aktivitas ini memperkuat pemahaman awal tentang transformasi geometri, konsisten dengan Septian *et al.* (2025) yang menegaskan efektivitas *Desmos* dalam mendukung *problem solving* kreatif.



Gambar 14. Instruksi Eksplorasi

Puncak dari prototipe adalah integrasi langsung dengan grafik *Desmos* (Gambar 15).

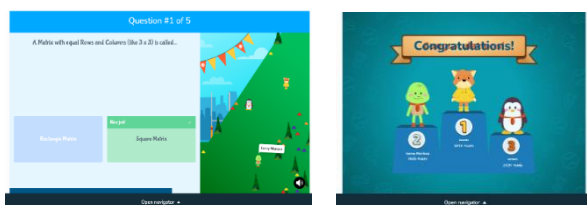


Gambar 15. Integrasi Grafik Desmos

Melalui antarmuka ini, siswa dapat mengetikkan koordinat titik yang merepresentasikan elemen matriks dan melihat visualisasinya secara *real-time* di bidang Kartesius. Pengalaman manipulasi langsung ini memungkinkan siswa memverifikasi solusi aljabar secara visual, sehingga konsep matriks yang abstrak menjadi lebih konkret.

6. Asesmen Tergamifikasi

Untuk mengatasi rendahnya keterlibatan siswa pada pengujian konvensional, MEAR-MOS mengintegrasikan fitur *Time to Climb* (Gambar 16). Evaluasi formatif diubah menjadi kompetisi interaktif dengan dua mekanisme utama yaitu: (1) Umpan balik instan Gambar 16a, dimana jawaban yang benar memicu visual karakter yang mendaki bukit, memperkuat perilaku belajar positif melalui kepuasan visual langsung. (2) Sistem penghargaan kompetitif Gambar 16b, berupa tampilan podium akhir menumbuhkan suasana kompetitif yang konstruktif (*fun-competitive*), menjaga motivasi dan partisipasi aktif siswa. Pendekatan ini sejalan dengan Abdullah *et al.* (2022) yang menunjukkan efektivitas *Nearpod* dalam meningkatkan keterlibatan, serta diperkuat oleh Septiani *et al.* (2025) yang menegaskan bahwa gamifikasi berbasis *Nearpod* secara signifikan meningkatkan motivasi belajar secara berkelanjutan



a. Umpan balik instan b. Sistem penghargaan
Gambar 16. Gamifikasi *time to climb*

Keenam komponen prototipe ini mengoperasionalkan prinsip desain yang telah divalidasi secara statistik pada fase *Ideate*. MEAR-MOS mengoptimalkan efisiensi kognitif bagi siswa, memastikan relevansi pedagogis bagi guru, dan menjaga legitimasi empiris sebagai inovasi pembelajaran berbasis

bukti. Dengan integrasi komprehensif ini, prototipe siap untuk diuji secara empiris pada fase *Testing*, sekaligus menegaskan posisinya sebagai model instruksional adaptif yang relevan dengan kebutuhan pendidikan abad ke-21.

3.6 Kontribusi Teoretis

Efektivitas MEAR-MOS dapat dijelaskan melalui *Cognitive Load Theory (CLT)*. Siswa sering mengalami kelebihan beban kognitif ketika memproses notasi aljabar dan representasi geometris secara bersamaan. Dalam konteks ini, Desmos berfungsi sebagai alat *cognitive offloading*, konsisten dengan Buchori *et al.* (2023) dan Nugroho *et al.* (2020) yang menekankan peran visualisasi dalam mengurangi beban memori kerja serta memperkuat koneksi matematis. Lebih lanjut, Wei *et al.* (2024) dan Laina (2025) menunjukkan bahwa alat digital kolaboratif meningkatkan transparansi epistemik dalam penalaran matematis. Temuan ini diperkuat oleh Susilawati *et al.* (2025) dan Septian *et al.* (2025) yang menegaskan bahwa visualisasi dinamis berbasis *Desmos* mampu menurunkan kecemasan matematika (*math anxiety*) sekaligus meningkatkan keterampilan *problem solving* kreatif. Sementara itu, Septiani *et al.* (2025) menekankan bahwa gamifikasi berbasis *Nearpod* meningkatkan motivasi dan interaktivitas kelas. Dengan demikian, MEAR-MOS tidak hanya relevan secara teoretis, tetapi juga tervalidasi secara empiris dalam konteks pembelajaran abad ke-21.

3.7 Kekuatan Metodologis

Kekuatan metodologis penelitian ini terletak pada validasi ide berbasis bukti melalui meta-analisis sebelum tahap pengembangan prototipe. Ukuran efek gabungan sebesar $g = 0,940$ menempatkan intervensi ini dalam kategori efektivitas tinggi (Hattie, 2023), yang secara signifikan melampaui ambang batas 0,40. Besaran ini mengonfirmasi tren penelitian global (Güler *et al.*, 2022; Öndeş, 2025) yang menghubungkan integrasi teknologi seluler dengan pendekatan STEM. Transparansi proses dipastikan dengan mematuhi pedoman meta-analisis PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2021) untuk menjamin keterlacakan dan validitas temuan. Argumen ini diperkuat oleh Stewart dan Troup

(2025) yang menekankan urgensi validasi empiris dalam pendidikan aljabar linear, serta Susilawati *et al.* (2025) dan Septiani *et al.* (2025) yang menunjukkan bahwa integrasi visualisasi dinamis dan gamifikasi berbasis *Nearpod* secara konsisten meningkatkan keterlibatan siswa. Dengan demikian, metodologi penelitian ini tidak hanya menghasilkan prototipe berbasis bukti, tetapi juga menegaskan legitimasi ilmiah MEAR-MOS sebagai inovasi instruksional yang relevan dengan kebijakan *deep learning* nasional (Kemendikbudristek, 2025).

3.8 Scaffolding Instruksional dan Isu Heterogenitas

Meskipun visualisasi dinamis terbukti efektif, visualisasi tanpa *scaffolding* instruksional dapat memicu disorientasi. MEAR-MOS mengatasi hal ini dengan menerapkan prinsip *scaffolding* terstruktur melalui *Nearpod*, menjaga alur metakognitif dan strategi pemecahan masalah berbasis langkah Polya (Muhtarom *et al.*, 2020; Nugroho *et al.*, 2020). Masalah kritis muncul dari heterogenitas tinggi dalam studi *Desmos* ($I^2 = 90\%$), yang menunjukkan bahwa teknologi tanpa skenario terstruktur sering kali gagal mencapai tujuan kognitif. Temuan ini konsisten dengan Stewart dan Troup (2025) yang menyoroti variabilitas konteks dalam pendidikan aljabar linear. MEAR-MOS mengatasi volatilitas tersebut dengan memposisikan *Nearpod* sebagai penstabil pedagogis ($I^2 = 0\%$), yang terbukti menjaga motivasi (Abdullah *et al.*, 2022; Septiani *et al.*, 2025) dan memfasilitasi interaksi instruksional yang terstruktur (Ardiansyah *et al.*, 2024). Selain itu, Syafura dan Yarman (2025) menegaskan perlunya media berbasis bukti yang praktis digunakan guru. Dengan demikian, integrasi *scaffolding* instruksional dalam MEAR-MOS tidak hanya relevan secara teoretis, tetapi juga sangat kontekstual dan aplikatif untuk menjawab tantangan heterogenitas hasil belajar di kelas.

3.9 Kebaruan dan Implikasi Praktis

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan kerangka *Human-Centered Design Thinking*, di mana pengembangan media tidak dimulai dari struktur kurikulum yang kaku,

melainkan dari empati mendalam terhadap kesulitan kognitif siswa. Pendekatan ini selaras dengan Rasiman *et al.* (2020) dan Liedtka (2018) yang menekankan pentingnya media visual dan kerangka desain dalam menumbuhkan kemampuan pemecahan masalah. Temuan mutakhir memperkuat kebaruan ini: Susilawati *et al.* (2025) dan Septian *et al.* (2025) menegaskan bahwa visualisasi dinamis berbasis *Desmos* mampu menurunkan kecemasan matematika (*math anxiety*) sekaligus meningkatkan keterampilan *problem solving* kreatif. Sementara itu, Septiani *et al.* (2025) menunjukkan bahwa gamifikasi berbasis *Nearpod* secara konsisten menjaga motivasi dan interaktivitas kelas. Secara praktis, MEAR-MOS mendukung pembelajaran berdiferensiasi dan otonomi belajar melalui desain *mobile-first* yang mempromosikan *ubiquitous learning*. Mekanisme validasi mandiri melalui *Desmos* memperkuat pemikiran logis dan kritis siswa (Supandi *et al.*, 2020; Hwang *et al.*, 2021). Relevansinya diperkuat oleh Syafura dan Yarman (2025) yang menekankan perlunya media berbasis bukti yang praktis digunakan oleh guru di lapangan. Dengan demikian, kebaruan MEAR-MOS tidak hanya terletak pada kerangka desain yang berpusat pada manusia, tetapi juga pada implikasi praktis yang adaptif terhadap kebutuhan lokal sekaligus relevan dengan tantangan pendidikan global (Stewart dan Troup, 2025).

3.10 Keterbatasan dan Penelitian Mendatang

Terlepas dari kekuatan desain yang telah dipaparkan, keterbatasan utama penelitian ini adalah baru mencapai fase prototipe. Oleh karena itu, temuan dalam artikel ini harus ditafsirkan sebagai validasi desain berbasis bukti daripada bukti empiris efektivitas di dalam kelas. Penelitian mendatang perlu berfokus pada uji coba kuasi-eksperimental untuk mengukur dampak kuantitatif MEAR-MOS terhadap kemampuan pemecahan masalah pada topik-topik yang menuntut visualisasi dinamis tinggi. Topik-topik tersebut mencakup Kalkulus (Chechan *et al.*, 2023; Susilawati *et al.*, 2025) atau eksplorasi aljabar linear yang lebih luas di jenjang pendidikan tinggi (Stewart dan Troup, 2025). Sejalan dengan temuan Septian *et al.*

(2025) yang menekankan relevansi *Desmos* dalam mendukung *problem solving* kreatif, serta Septiani *et al.* (2025) yang menegaskan konsistensi *Nearpod* dalam menjaga motivasi dan interaktivitas kelas, penelitian lanjutan diharapkan tidak hanya menguji efektivitas empiris MEAR-MOS, tetapi juga memperluas aplikasinya pada materi kompleks yang membutuhkan integrasi visualisasi dinamis dan *scaffolding* instruksional yang adaptif.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengembangkan MEAR-MOS (*Matrix Nearpod-Desmos*) melalui pendekatan *Design Thinking* yang berpusat pada pengguna. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam pendidikan matematika tidak hanya sebatas digitalisasi konten, melainkan mampu merekonstruksi pengalaman belajar untuk mengatasi hambatan epistemologis siswa. Dengan menggabungkan visualisasi dinamis *Desmos* dan *scaffolding* interaktif *Nearpod*, MEAR-MOS menawarkan solusi teknis yang kokoh terhadap kompleksitas materi matriks. Hal ini divalidasi melalui meta-analisis yang menunjukkan ukuran efek yang besar ($g = 0,940$; $p < 0,001$).

Secara teoretis, MEAR-MOS memajukan pendidikan matematika dengan mengoperasionalkan prinsip desain yang mereduksi beban kognitif (*cognitive load*) dan memperkuat dukungan metakognitif. Secara metodologis, penggunaan meta-analisis sebagai langkah validasi sebelum pembuatan prototipe merupakan pendekatan baru yang meningkatkan ketajaman penelitian berbasis desain. Kebaruan penelitian ini terletak pada proses desain empatik yang mentransformasikan kesulitan kognitif siswa menjadi fitur teknologi konkret, seperti gamifikasi, instruksi multimodal, dan refleksi kolaboratif.

4.2. Saran

Meskipun MEAR-MOS memberikan kontribusi signifikan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan dan penelitian di masa depan:

1. Uji Coba Empiris Skala Luas
Meningat penelitian ini baru mencapai tahap validasi ide dan prototipe, peneliti selanjutnya disarankan untuk melakukan uji

coba kuasi-eksperimental. Hal ini diperlukan untuk mengukur dampak kognitif langsung terhadap hasil belajar dan kemampuan pemecahan masalah siswa di kelas secara kuantitatif.

2. Evaluasi Pengalaman Pengguna
Perlu dilakukan evaluasi mendalam terhadap aspek UX untuk memastikan adopsi media yang berkelanjutan. Hal ini mencakup kemudahan navigasi dan aksesibilitas pada berbagai perangkat seluler dengan spesifikasi yang berbeda.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M.I., Inayati, D. and Karyawati, N.N. 2022, 'Nearpod use as a learning platform to improve student learning motivation in an elementary school', *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, vol. 16, no. 1, pp. 121–129. Available at: <https://doi.org/10.11591/edulearn.v16i1.20421>.
- Ardiansyah, A.S., Putri, R.R. and Djouharochmah. 2024, 'Improving creative thinking ability through innovation of textbook with challenge based on STEM context learning assisted by Nearpod', *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, vol. 11, no. 2, pp. 118–133. Available at: <https://doi.org/10.21831/jrpm.v11i2.7626>.
- Armas-Arias, S., Miranda-Ramos, P., Jaramillo-Galarza, K.A. and Hernández-Dávila, C.A. 2023, 'Gamification, Nearpod platform in academic performance in virtual classes for higher education students', in *Proceedings of the International Conference on Applied Technologies (ICAT 2022)*, Springer, pp. 121–132. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-24978-5_11.
- Aryani, P.I., Patmawati, H. and Santika, S. 2023, 'Penerapan Nearpod sebagai media pembelajaran interaktif berbasis web', *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 7, no. 3, pp. 2966–2976. Available at: <https://doi.org/10.31004/cendekia.v7i3.1349>.
- Astuti, W., Heryani, Y. and Herawati, L. 2025, 'Pengaruh model problem based learning (PBL) berbantuan software *Desmos* terhadap kemampuan penalaran matematis

- dan self-determination’, *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, vol. 14, no. 2, pp. 558–569. Available at: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i2.10615>
- Buchori, A., Pramasdyasari, A.S., Senowarsito, S., Osman, S. and Fadila, N. 2023, ‘Virtual lab geometry development as online learning media alternatives at Universitas PGRI Semarang and Universiti Teknologi Malaysia’, *TEM Journal*, vol. 12, no. 1, pp. 414–423. Available at: <https://doi.org/10.18421/TEM121-51>.
- Chechan, B., Ampadu, E. and Pears, A. 2023, ‘Effect of using Desmos on high school students’ understanding and learning of functions’, *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 19, no. 10, p. em2331. Available at: <https://doi.org/10.29333/ejmste/13540>.
- Cohen, J. 1988, *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.), Routledge. Available at: <https://doi.org/10.4324/9780203771587>.
- Engelbrecht, J. and Borba, M.C. 2024, ‘Recent developments in using digital technology in mathematics education’, *ZDM – Mathematics Education*, vol. 56, no. 2, pp. 281–292. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01530-2>.
- Guaman-Quintanilla, S., Everaert, P., Chiluiza, K. and Valcke, M. 2023, ‘Impact of design thinking in higher education: a multi-actor perspective on problem solving and creativity’, *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 33, no. 1, pp. 217–240. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09724-z>.
- Güler, M., Bütüner, S.Ö., Danişman, Ş. and Gürsoy, K. 2022, ‘A meta-analysis of the impact of mobile learning on mathematics achievement’, *Education and Information Technologies*, vol. 27, no. 2, pp. 1725–1745. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10640-x>.
- Harisman, Y., Asra, A., Hafizatunnisa, Elniati, S. and Adnan, M. 2025, ‘Analytical rubrics for mathematical representation behaviour assessment: development, validation, and cross-cultural application’, *Journal on Mathematics Education*, vol. 16, no. 4, pp. 1137–1166. Available at: <https://doi.org/10.22342/jme.v16i4.pp1137-1166>.
- Hasibuan, D., Asrul, A. and Siregar, M.A.P. 2024, “Pengaruh penggunaan aplikasi Desmos Graphing Calculator terhadap kemampuan pemahaman konsep matematis siswa,” *Jurnal Arjuna: Publikasi Ilmu Pendidikan, Bahasa dan Matematika*, 2(5), pp. 60–68. Available at: <https://doi.org/10.61132/arjuna.v2i5.1177>.
- Hattie, J. 2023, *Visible learning: The sequel: A synthesis of over 2,100 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781003380542>.
- Hwang, G., Huang, H., Wang, R. and Zhu, L. 2021, ‘Effects of a concept mapping-based problem-posing approach on students’ learning achievements and critical thinking tendency: an application in Classical Chinese learning contexts’, *British Journal of Educational Technology*, vol. 52, no. 1, pp. 374–493. Available at: <https://doi.org/10.1111/bjet.13007>.
- Kemendikbudristek. 2025, *Pembelajaran mendalam menuju pendidikan bermutu untuk semua*. Jakarta: Kemendikbudristek. Available at: https://kurikulum.kemdikbud.go.id/file/1742214136_manage_file.pdf.
- Laina, V. 2025, “Employing digital tools for collaborative and flexible mathematical proving,” *Digital Experiences in Mathematics Education*, 11(2), pp. 247–261. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40751-024-00157-6>.
- Liedtka, J. 2018, “Why design thinking works,” *Harvard Business Review*, 96(5), pp. 72–79. Available at: <https://hbr.org/2018/09/why-design-thinking-works>.
- Liljedahl, P. 2020, *Building thinking classrooms in mathematics, grades K-12: 14 teaching practices for enhancing learning*. Corwin. Available at: <https://www.corwin.com/books/building-thinking-classrooms-268862>.

- Lusiana, R., Andari, T., Elvierayani, R.R. and Huda, S. 2025, 'Patterns of pre-service mathematics teachers' scaffolding shaped by students' error diagnosis', *Journal on Mathematics Education*, vol. 16, no. 4, pp. 1167–1192. Available at: <https://doi.org/10.22342/jme.v16i4.pp1167-1192>
- Miles, M.B., Huberman, A.M. and Saldaña, J. 2019, *Qualitative data analysis: A methods sourcebook (4th ed.)*. SAGE Publications.
- Mirunnisa and Razi, Z. 2025, "Implementation of the Desmos application in learning functions to enhance students' conceptual understanding," *TEMATIK: Jurnal Konten Pendidikan Matematika*, 3(2), pp. 212–217. Available at: <https://doi.org/10.55210/jkpm>.
- Muhtarom, M., Shodiqin, A. and Astriani, N. 2020, "Exploring senior high school student's abilities in mathematical problem posing," *JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, 5(1), pp. 69–79. Available at: <https://doi.org/10.23917/jramathedu.v5i1.9818>.
- Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Foy, P., Kelly, D.L. and Fishbein, B. 2020, *TIMSS 2019 international results in mathematics and science*, TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College. Available at: <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/international-results>.
- Novawan, A., Ismailia, T., Zuhro, C., Utami, L.D., Pratama, M.R., Karimah and Haq, R.N. 2024, 'Design thinking approach to powerful material development in educational contexts: from theory to practice', *International Journal of Studies in Social Sciences and Humanities*, vol. 1, no. 2, pp. 125–140. Available at: <https://doi.org/10.53085/ijsssh.v1i2.140>.
- Nugroho, A.A., Nizaruddin, N., Dwijayanti, I. and Trisianti, A. 2020, 'Exploring students' creative thinking in the use of representations in solving mathematical problems based on cognitive style', *JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, vol. 5, no. 2, pp. 202–217. Available at: <https://doi.org/10.23917/jramathedu.v5i2.983>.
- Nugroho, A.A., Dwijayanti, I. and Atmoko, P.Y. 2020, 'Pengaruh model pembelajaran berbasis penemuan dan lingkungan terhadap kemampuan pemecahan masalah matematika melalui meta analisis,' *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(1), pp. 147–157. Available at: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v9i1.2659>.
- OECD. 2023, *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. Paris: OECD Publishing (PISA). Available at: <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>.
- Öndeş, R.N. 2025, 'Effects of STEM practices on students' problem-solving skills: A meta-analysis,' *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 13(2), pp. 439–461. Available at: <https://doi.org/10.46328/ijemst.4697>.
- Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., et al. 2021, 'The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews', *BMJ*, vol. 372, p. n71. Available at: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
- Qomaruddin, M., Lie, H.A., Widayat., Setiadji, B.H., Wibowo, M.A. 2023, "Mapping Literature of Reclaimed Asphalt Pavement Using Bibliometric Analysis by VOSviewer". Proceedings of the 5th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9348-9_96.
- Rasiman, Prasetyowati, D. and Kartinah. 2020, 'Development of Learning Videos for Junior High School Math Subject to Enhance Mathematical Reasoning,' *International Journal of Education and Practice*, 8(1), pp. 18–25. Available at: <https://doi.org/10.18488/journal.61.2020.81.18.25>.
- Sari, R.M., Rusnilawati, R. and Ali, S.R. 2023, 'Flipped learning with Nearpod media: Enhancing digital learning outcomes in primary mathematics,' *Profesi Pendidikan Dasar*, 10(2), pp. 159–173. Available at: <https://doi.org/10.23917/ppd.v10i2.4511>.
- Sawilowsky, S.S. 2009, 'New effect size rules of thumb', *Journal of Modern Applied*

- Statistical Methods*, vol. 8, no. 2, pp. 597–599. Available at: <https://doi.org/10.22237/jmasm/1257035100>
- Septian, C., Firmansyah, E., Rakhmat, R.S. and Kariadinata, R. 2025, 'The use of Desmos-assisted creative problem-solving learning in improving critical thinking skills,' *Pasundan Journal of Mathematics Education: Jurnal Pendidikan Matematika*, 15(1), pp. 58–70. Available at: <https://doi.org/10.23969/pjme.v15i1.24055>
- Septiani, N.I., Putri, H.E. and Suwangsih, E. 2025, 'Pengaruh model problem based learning berbantuan media interaktif Nearpod terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis siswa sekolah dasar,' *JKPM: Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan Missio*, 17(1), pp. 66–76. Available at: <https://doi.org/10.36928/jpkm.v17i1.2352>.
- Stewart, S. and Troup, J. 2025, 'Linear algebra education: A scoping review,' *ZDM – Mathematics Education*, 57(4), pp. 815–827. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11858-025-01702-2>.
- Suandi, W.K., Hamidah and Hidayat, A. 2024, 'Implementasi strategi pembelajaran think pair share (TPS) menggunakan aplikasi Nearpod terhadap kemampuan pemecahan masalah dan minat belajar siswa,' *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, 5(1), pp. 380–389. Available at: <https://doi.org/10.46306/lb.v5i1.586>.
- Sundah, M.F.G., Sembiring, M.G. and Yumiati. 2022, 'Pengaruh penggunaan aplikasi Desmos terhadap kecerdasan visual spasial dan resiliensi matematis siswa kelas 8,' *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 6, no. 3, pp. 3097–3110. Available at: <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i3.1742>.
- Supandi, S., Ariyanto, L., Kusumaningsih, W., Handayanto, A. and Sarra, R.R. 2020, 'The improvement of students' mathematics critical thinking abilities in topic prism and pyramid by using the problem posing approach', *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1663, no. 1, p. 012019. Available at: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1663/1/012019>.
- Susilawati, W., Sharov, S., Pasqa, M. and Malik, H. 2025, 'Integrating realistic mathematics education, AI, and gamification to enhance students' learning motivation and problem-solving skills', *Journal on Mathematics Education*, vol. 16, no. 4, pp. 1257–1282. Available at: <https://doi.org/10.22342/jme.v16i4.pp1257-1282>.
- Syafura, R. and Yarman. 2025, 'Model pembelajaran core berbantuan Desmos untuk meningkatkan pemahaman konsep matematis kelas X SMAS Adabiah 2 Padang,' *Jurnal Edukasi dan Penelitian Matematika*, 14(2), pp. 103–106. Available at: <https://doi.org/10.24036/01yw4p12>.
- Wei, H., Bos, R. and Drijvers, P. 2024, 'Developing functional thinking: from concrete to abstract through an embodied design,' *Digital Experiences in Mathematics Education*, 10(3), pp. 323–351. Available at: <https://doi.org/10.1007/s40751-024-00142-z>.
- Zusgi, B.A.P. and Hadi, W. 2024, 'Pengaruh penggunaan media Nearpod terhadap kemampuan numerasi,' *MATH-EDU: Jurnal Ilmu Pendidikan Matematika*, 9(3), pp. 622–634. Available at: <https://doi.org/10.32938/jipm.v9i3.8041>