

## Pengaruh Model *Case Based Learning* Berbantuan E-LKM Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis dan Prestasi Belajar Matematika Murid SMA

Ni Ketut Sri Wedani\*, I Wayan Santyasa, I Komang Sudarma

Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Indonesia

\*sri.wedani@student.undiksha.ac.id

### Abstract

*Low mathematics achievement among Indonesian students, evidenced by a PISA 2022 score of 354 points below the OECD average of 485, underscores the need for innovative pedagogy. The objective of this study was to examine the effect of a case-based learning (CBL) model integrated with Electronic Student Worksheets (E-LKM) on critical thinking skills and mathematics achievement, compared to CBL alone and Direct Instruction (DI). A quasi-experimental non-equivalent pretest-posttest control group design was employed at SMA Negeri 2 Amlapura, Bali, even semester 2025/2026. Three classes were selected through simple random sampling from 369 grade XI students: CBL+E-LKM ( $n = 35$ ), CBL ( $n = 35$ ), and DI ( $n = 34$ ). Critical thinking skills were measured using essay-based tests and mathematics achievement using multiple-choice tests, analyzed with MANCOVA in IBM SPSS 26.0. Results revealed: (1) the three groups differed significantly in both variables simultaneously (Pillai's Trace  $F = 48.074$ ;  $p < 0.001$ ); (2) critical thinking skills differed significantly, with posttest means of CBL+E-LKM ( $M = 32.29$ ; very high), CBL ( $M = 30.63$ ; high), and DI ( $M = 24.32$ ; high),  $F = 905.294$ ,  $p < 0.001$ ; and (3) mathematics achievement followed the same superiority order, CBL+E-LKM ( $M = 7.66$ ), CBL ( $M = 7.26$ ), and DI ( $M = 6.29$ ),  $F = 139.284$ ,  $p < 0.001$ . These findings confirm that integrating E-LKM into CBL simultaneously enhances critical thinking skills and mathematics achievement through authentic case contexts and adaptive digital scaffolding, making CBL+E-LKM a recommended model for higher-order thinking instruction in mathematics.*

**Keywords:** *Critical Thinking; Case Based Learning; E-LKM; Mathematics; Learning Achievement*

### Abstrak

Prestasi matematika yang rendah di kalangan siswa Indonesia, dibuktikan dengan skor PISA 2022 sebesar 354 poin di bawah rata-rata OECD sebesar 485, menggarisbawahi perlunya pedagogi inovatif. Tujuan penelitian adalah meneliti pengaruh model pembelajaran berbasis kasus (*Case-Based Learning/CBL*) yang terintegrasi dengan Lembar Kerja Elektronik Murid (*Electronic Student Worksheets/E-LKM*) terhadap kemampuan berpikir kritis dan prestasi belajar matematika, dibandingkan dengan CBL saja dan Pengajaran Langsung (*Direct Instruction/DI*). Desain kelompok kontrol pra-uji-pasca-uji non-ekuivalen kuasi-eksperimental digunakan di SMA Negeri 2 Amlapura, Bali, semester genap 2025/2026. Tiga kelas dipilih melalui pengambilan sampel acak sederhana dari 369 siswa kelas XI: CBL+E-LKM ( $n = 35$ ), CBL ( $n = 35$ ), dan DI ( $n = 34$ ). Kemampuan berpikir kritis diukur menggunakan tes berbasis esai dan prestasi matematika menggunakan tes pilihan ganda, dianalisis dengan MANCOVA di IBM SPSS 26.0. Hasil penelitian menunjukkan: (1) ketiga kelompok berbeda secara signifikan pada kedua variabel secara simultan (Pillai's Trace  $F = 48,074$ ;  $p < 0,001$ ); (2) keterampilan berpikir kritis berbeda secara signifikan, dengan rata-rata *posttest* CBL+E-

LKM ( $M = 32,29$ ; sangat tinggi), CBL ( $M = 30,63$ ; tinggi), dan DI ( $M = 24,32$ ; tinggi),  $F = 905,294$ ,  $p < 0,001$ ; dan (3) prestasi matematika mengikuti urutan superioritas yang sama, CBL+E-LKM ( $M = 7,66$ ), CBL ( $M = 7,26$ ), dan DI ( $M = 6,29$ ),  $F = 139,284$ ,  $p < 0,001$ . Temuan ini menegaskan bahwa mengintegrasikan E-LKM ke dalam CBL secara simultan meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan prestasi belajar matematika melalui konteks kasus otentik dan dukungan digital, menjadikan CBL+E-LKM sebagai model yang direkomendasikan untuk pengajaran berpikir tingkat tinggi dalam matematika.

**Kata Kunci: Berpikir Kritis; Case Based Learning; E-LKM; Matematika; Prestasi Belajar**

## Pendahuluan

Transformasi pendidikan di era revolusi industri 4.0 menempatkan pengembangan keterampilan abad ke-21 yakni berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif (4C) sebagai prioritas utama. Dalam kerangka ini, matematika memiliki posisi strategis karena karakternya yang sistematis, logis, dan aplikatif menjadikannya wahana ideal untuk melatih *higher order thinking skills* (HOTS). Vygotsky (1978) menegaskan bahwa kemampuan berpikir tingkat tinggi berkembang optimal melalui interaksi sosial dan scaffolding kognitif, sementara Anderson & Krathwohl (2001) mendefinisikan HOTS sebagai kemampuan menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta yang melampaui sekadar penghafalan fakta.

Sejalan dengan itu, *digital constructivism*, perluasan konstruktivisme dalam lingkungan teknologi digital, menekankan bahwa murid membangun pengetahuan secara aktif melalui eksplorasi berbasis teknologi, bukan sekadar menerima informasi (Association for Educational Communications and Technology [AECT], 2023). Kerangka teoritis ini menjadi fondasi argumen bahwa integrasi model pembelajaran berbasis masalah dengan media digital bukan sekadar pelengkap, melainkan prasyarat pedagogis dalam mengembangkan HOTS matematika secara efektif.

Namun, realitas pembelajaran matematika Indonesia kontradiktif dengan tuntutan tersebut. Data PISA 2022 menunjukkan rata-rata skor matematika Indonesia hanya 354 poin jauh di bawah rata-rata OECD 485 poin dengan hanya 18% murid mencapai level kompetensi 2 atau lebih, dibandingkan rerata OECD sebesar 69% (OECD, 2023). Di tingkat lokal, kondisi serupa terjadi di SMA Negeri 2 Amlapura: rata-rata nilai ulangan harian matematika kelas XI semester ganjil 2024/2025 hanya mencapai 70, di bawah Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP) sebesar 85.

Observasi awal mengidentifikasi dominasi metode ceramah dan minimnya pemanfaatan media pembelajaran digital interaktif sebagai faktor penyebab utama (Santayasa et al., 2022). Kesenjangan antara tuntutan kompetensi abad ke-21 dan praktik pembelajaran yang ada menuntut inovasi pedagogis yang sistematis dan berbasis bukti. *Case-Based Learning* (CBL) merupakan salah satu model yang secara teoritis dan empiris mampu menjawab tantangan tersebut. CBL menempatkan pemecahan kasus nyata sebagai inti proses belajar: murid menganalisis situasi autentik, bernalar secara kritis, dan membangun solusi secara kolaboratif (Al-Tabany, 2017; Dharmayanthi, 2023). Model ini selaras dengan orientasi HOTS dalam Kurikulum Merdeka dan terbukti efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis pada berbagai jenjang pendidikan (Wospakrik et al., 2020). Efektivitas CBL dapat diperkuat melalui integrasi dengan Elektronik-Lembar Kerja Murid (E-LKM), bahan ajar digital interaktif yang memungkinkan pembelajaran mandiri, fleksibel, dan berbasis umpan balik langsung (Puspitasari et al., 2021; Widjayanti et al., 2019).

Secara konstruktivis-digital, E-LKM berfungsi sebagai *scaffolding* teknologis yang memperluas zona perkembangan proksimal murid: konten multimedia interaktif mendorong eksplorasi kognitif lebih dalam, sementara umpan balik otomatis memungkinkan regulasi belajar mandiri (*self-regulated learning*). Astuti & Wutsqa (2020) membuktikan E-LKM berbasis *problem solving* meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid SMA, sementara Kurniawan et al., (2021) menemukan E-LKM berbasis *scientific approach* efektif meningkatkan prestasi belajar matematika.

Meskipun CBL dan E-LKM masing-masing telah menunjukkan efektivitas, terdapat kesenjangan penelitian yang signifikan: belum ada studi yang mengintegrasikan keduanya secara eksplisit dalam pembelajaran matematika SMA, khususnya dengan menguji dampak simultan terhadap dua variabel dependennya itu keterampilan berpikir kritis dan prestasi belajar matematika dalam satu rancangan eksperimen terkontrol. Penelitian yang ada cenderung menguji salah satu variabel saja, atau menerapkan CBL dan E-LKM secara terpisah tanpa mengeksplorasi sinergi integratifnya.

Kesenjangan ini menjadi justifikasi utama penelitian ini: apakah integrasi CBL dan E-LKM secara bersamaan menghasilkan capaian yang lebih unggul dibandingkan CBL tanpa E-LKM maupun pembelajaran langsung (*Direct Instruction/DI*)?. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menguji tiga hipotesis: (1) terdapat perbedaan signifikan keterampilan berpikir kritis dan prestasi belajar matematika secara simultan antara kelompok CBL+E-LKM, CBL, dan DI; (2) terdapat perbedaan signifikan keterampilan berpikir kritis antara ketiga kelompok dengan keunggulan CBL+E-LKM; dan (3) terdapat perbedaan signifikan prestasi belajar matematika antara ketiga kelompok dengan keunggulan serupa.

## Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi eksperimen dengan desain *non-equivalent pretest-posttest control group*. Desain ini dipilih karena randomisasi individu tidak dimungkinkan tanpa mengganggu struktur kelas yang telah ditetapkan secara administratif, sehingga pengacakan dilakukan pada level kelas (*cluster randomization*) dengan validitas internal dikontrol melalui skor *pretest* sebagai kovariat. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 2 Amlapura, Kabupaten Karangasem, Bali, pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 dengan materi Barisan dan Deret sesuai Kurikulum Merdeka. Populasi penelitian adalah seluruh murid kelas XI yang berjumlah 369 orang dari 11 kelas. Sampel ditentukan melalui *simple random sampling* pada level kelas menggunakan prosedur pengundian, menghasilkan tiga kelas terpilih: kelompok CBL berbantuan E-LKM ( $n = 35$ ), kelompok CBL tanpa E-LKM ( $n = 35$ ), dan kelompok *Direct Instruction* sebagai kontrol ( $n = 34$ ). Kesetaraan awal antara ketiga kelompok dikonfirmasi melalui uji beda skor *pretest* sebelum perlakuan diberikan. Variabel bebas adalah model pembelajaran dengan tiga taraf perlakuan, sedangkan variabel terikat adalah keterampilan berpikir kritis dan prestasi belajar matematika. Perlakuan pada kelompok CBL+E-LKM dilaksanakan melalui lima tahap: *case presentation* menggunakan platform E-LKM berbasis infografis interaktif dan pertanyaan pemantik, *case exploration* dengan simulasi dan latihan berjenjang berumpan balik otomatis, *collaborative discussion* dalam kelompok kecil 4-5 orang, *solution presentation* berupa presentasi solusi antarkelompok, serta *reflection and consolidation* melalui rangkuman interaktif di E-LKM. Kelompok CBL menerapkan tahapan struktural yang identik tetapi berbasis LKM cetak tanpa dukungan digital, sedangkan kelompok DI mengikuti pembelajaran ekspositori berpusat pada guru dengan urutan: penyampaian tujuan, presentasi materi, demonstrasi soal, latihan terbimbing, dan latihan mandiri. Ketiga kelompok mendapatkan alokasi waktu yang identik untuk mengontrol efek waktu belajar. Instrumen penelitian

terdiri atas tes uraian untuk mengukur keterampilan berpikir kritis berdasarkan indikator interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi, serta tes pilihan ganda untuk mengukur prestasi belajar matematika, keduanya diberikan sebagai *pretest* dan *posttest*. Validitas isi instrumen diverifikasi melalui *expert judges* menggunakan indeks Aiken's V, sedangkan validitas butir, daya beda, tingkat kesukaran, dan reliabilitas diuji secara empiris melalui uji coba lapangan dengan hasil koefisien reliabilitas *Cronbach's Alpha* pada kategori tinggi ( $\alpha > 0,80$ ). Data dianalisis menggunakan *Multivariate Analysis of Covariance* (MANCOVA) dengan IBM SPSS versi 26.0 pada taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ , setelah seluruh uji prasyarat terpenuhi meliputi normalitas (Kolmogorov-Smirnov), homogenitas varians (*Levene*), homogenitas matriks varians-kovarians (Box's M), linearitas, dan tidak adanya multikolinieritas antar variabel terikat.

## Hasil dan Pembahasan

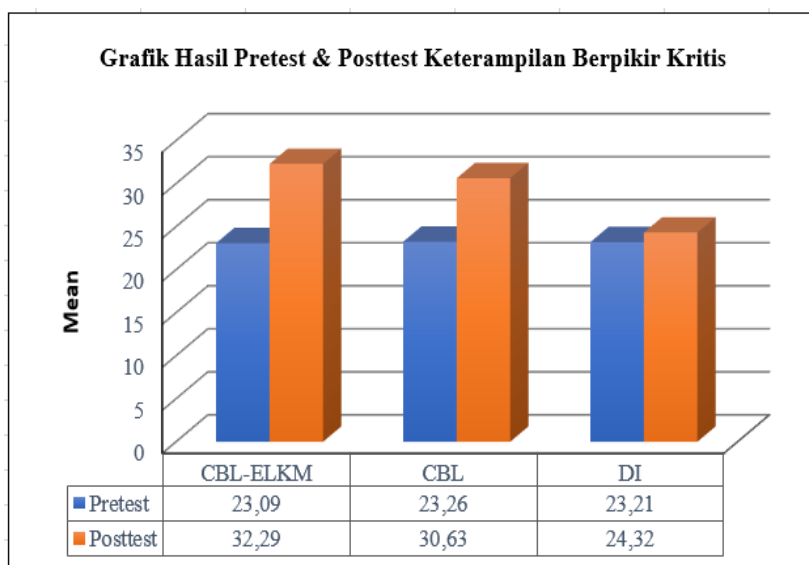
### 1. Statistik Deskriptif Keterampilan Berpikir Kritis

Data keterampilan berpikir kritis matematika murid dari ketiga kelompok disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Keterampilan Berpikir Kritis Matematika

Statistik	CBL+E-LKM		CBL		DI	
	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
N	35	35	35	35	34	34
<i>Mean</i>	23,09	32,29	23,26	30,63	23,21	24,32
SD	3,93	3,59	4,33	3,62	3,98	3,59
Min	15	26	14	25	15	18
<i>Maks</i>	30	40	31	40	31	32
Kategori	Sedang	Sangat Tinggi	Sedang	Tinggi	Sedang	Tinggi

Sumber: Data Penelitian, 2026



Gambar 1. Grafik Skor Rata-Rata Keterampilan Berpikir Kritis Matematika (*Pretest* dan *Posttest*) pada Model CBL Berbantuan E-LKM, Model CBL dan Model DI

Ketiga kelompok memiliki titik awal yang setara pada kategori sedang (*pretest M* berkisar 23,09-23,26), namun menunjukkan trajektori perkembangan yang sangat berbeda setelah perlakuan. Kelompok CBL+E-LKM mencatat peningkatan sebesar 9,20 poin dan mencapai kategori sangat tinggi, sedangkan kelompok CBL meningkat 7,37 poin pada kategori tinggi, dan kelompok DI hanya meningkat 1,11 poin dan bertahan pada kategori tinggi yang marginal.

Perbedaan besaran peningkatan ini bukan sekadar selisih angka, melainkan cerminan dari kedalaman keterlibatan kognitif (*cognitive engagement*) yang difasilitasi masing-masing model. Dalam kelompok CBL+E-LKM, murid secara berulang menjalani siklus kognitif yang menuntut interpretasi kasus, pengajuan hipotesis, evaluasi bukti, penarikan inferensi, dan refleksi, ini merupakan seluruh dimensi berpikir kritis menurut (Facione, 2011). Proses ini diperkuat oleh fitur E-LKM yang menyajikan kasus dalam format multimedia interaktif, sehingga murid tidak hanya membaca masalah tetapi juga memvisualisasikan konteks, mensimulasikan kondisi, dan menerima umpan balik formatif secara langsung. Pola kognitif berulang inilah yang membentuk kebiasaan berpikir kritis (*critical thinking dispositions*) secara lebih sistematis dibandingkan model berbasis ceramah.

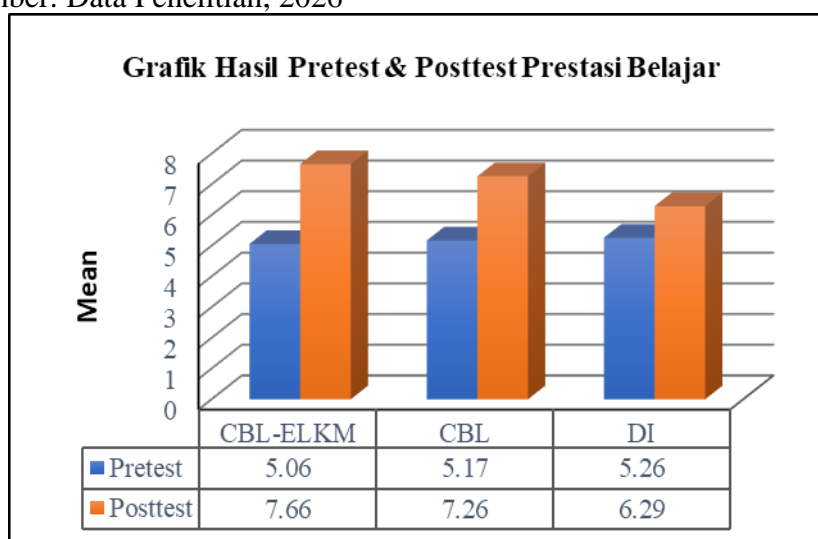
## 2. Statistik Deskriptif Prestasi Belajar Matematika

Data prestasi belajar matematika murid ketiga kelompok disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif Prestasi Belajar Matematika

Statistik	CBL+E-LKM		CBL		DI	
	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>
N	35	35	35	35	34	34
<i>Mean</i>	5,06	7,66	5,17	7,26	5,26	6,29
SD	1,68	1,41	1,65	1,67	1,46	1,64
Min	2	5	2	3	2	3
<i>Maks</i>	9	10	8	10	8	10
Kategori	Sedang	Tinggi	Sedang	Tinggi	Sedang	Tinggi

Sumber: Data Penelitian, 2026



Gambar 2. Grafik Skor Rata-Rata Prestasi Belajar Matematika Murid (*Pretest* dan *Posttest*) pada Model CBL Berbantuan E-LKM, Model CBL, dan Model DI

Dengan kondisi awal yang setara (*pretest*  $M = 5,06-5,26$ , kategori sedang), kelompok CBL+E-LKM mencatat peningkatan tertinggi sebesar 2,60 poin, diikuti CBL (2,09 poin) dan DI (1,03 poin). Menariknya, standar deviasi posttest kelompok CBL+E-LKM lebih rendah ( $SD = 1,41$ ) dibandingkan CBL ( $SD = 1,67$ ) dan DI ( $SD = 1,64$ ), mengindikasikan bahwa model CBL+E-LKM tidak hanya meningkatkan rata-rata capaian tetapi juga mempersempit kesenjangan antarmurid sebuah indikator efektivitas pembelajaran yang merata (*equitable learning*). Konvergensi sebaran skor ini dapat dijelaskan melalui fungsi *scaffolding* adaptif E-LKM: murid dengan kemampuan awal lebih rendah memperoleh dukungan melalui petunjuk bertahap, tautan konsep prasyarat, dan umpan balik otomatis, sehingga mereka tidak tertinggal dari kelompok kemampuan tinggi. Mekanisme ini tidak tersedia dalam model CBL konvensional maupun DI, yang menerapkan satu alur pembelajaran seragam bagi semua murid tanpa diferensiasi.

### 3. Uji Prasyarat Analisis

Seluruh uji prasyarat MANCOVA terpenuhi. Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov menunjukkan semua data berdistribusi normal ( $p > 0,05$ ). Uji Levene menghasilkan seluruh nilai signifikansi  $> 0,05$ , mengkonfirmasi homogenitas varians antar kelompok. Uji Box's M menghasilkan  $F = 1,249$  ( $p > 0,05$ ), menunjukkan homogenitas matriks varians-kovarians. Uji kolinieritas menunjukkan korelasi antar variabel dependen  $r = 0,881$ , di bawah batas kritis  $r = 1,00$ , sehingga kedua variabel cukup berkorelasi untuk dianalisis bersama namun tidak redundan (Hair et al., 2010; Tabachnick & Fidell, 2013). Terpenuhinya seluruh asumsi ini memvalidasi penggunaan MANCOVA sebagai teknik analisis yang tepat.

### 4. Pengujian Hipotesis (MANCOVA)

Tabel 3. Ringkasan Hasil Pengujian Hipotesis MANCOVA

Hipotesis	Variabel	F	p	Kesimpulan
H1 (Simultan)	KBK + PB (Pillai's Trace)	48,074	0	H0 Ditolak
H2 (KBK)	Keterampilan Berpikir Kritis	905,294	0	H0 Ditolak
H3 (PB)	Prestasi Belajar Matematika	139,284	0	H0 Ditolak

Sumber: Analisis SPSS 26.0, 2026

#### a. Hipotesis 1: Perbedaan Simultan

Pengujian menggunakan statistik multivariat Pillai's Trace menghasilkan  $F = 48,074$  ( $p < 0,001$ ), yang berarti terdapat perbedaan signifikan keterampilan berpikir kritis dan prestasi belajar matematika secara simultan antara ketiga kelompok, dengan urutan keunggulan CBL+E-LKM  $>$  CBL  $>$  DI. Dipilihnya Pillai's Trace sebagai statistik uji didasarkan pada ketangguhannya terhadap pelanggaran asumsi normalitas multivariat dan sensitivitasnya yang lebih baik pada ukuran sampel sedang (Tabachnick & Fidell, 2013).

Kebermaknaan perbedaan simultan ini menunjukkan bahwa perlakuan pembelajaran tidak hanya memengaruhi satu dimensi capaian murid, melainkan membentuk profil kognitif yang berbeda secara menyeluruh. Integrasi CBL dengan E-LKM menciptakan ekosistem belajar yang secara bersamaan melatih penalaran kritis melalui analisis kasus dan membangun pemahaman konseptual melalui eksplorasi multimedia dalam dua proses yang saling memperkuat kerangka *dual coding theory* (Paivio, 1991; Santyasa et al., 2022).

## b. Hipotesis 2: Keterampilan Berpikir Kritis

Hasil uji univariat menunjukkan  $F = 905,294$  ( $p < 0,001$ ). *Pairwise comparisons* mengungkapkan *Mean Difference* antara CBL+E-LKM dan CBL sebesar 1,855 ( $p < 0,001$ ), dan antara CBL+E-LKM dan DI sebesar 8,235 ( $p < 0,001$ ). Keunggulan CBL+E-LKM dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis dapat dianalisis secara mendalam melalui kesesuaiannya dengan enam dimensi berpikir kritis Facione (2011): interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan *self-regulation*.

Pada tahap *case presentation*, murid menginterpretasi kasus matematika dalam konteks barisan dan deret secara autentik, misalnya menganalisis pola pertumbuhan populasi atau bunga majemuk yang melatih dimensi interpretasi dan analisis. Fitur visualisasi interaktif E-LKM pada tahap ini memungkinkan murid melihat representasi ganda (numerik, grafis, simbolik) dari kasus yang sama, memperdalam pemahaman relasional yang diperlukan untuk bernalar secara analitis. Pada tahap *case exploration* berbantuan E-LKM, murid menguji hipotesis mereka dengan memanipulasi variabel dalam simulasi digital, melatih dimensi evaluasi dan inferensi secara langsung.

Umpan balik otomatis E-LKM berfungsi sebagai *metacognitive prompt* yang mendorong murid untuk merefleksikan kesalahan penalaran mereka, mengaktifkan dimensi *self-regulation* yang justru paling sulit dikembangkan dalam pembelajaran konvensional (Halpern, 2014). Sementara pada tahap *collaborative discussion* dan *solution presentation*, murid melatih dimensi eksplanasi melalui argumentasi lisan dan tertulis di hadapan kelompok lain. Rangkaian tahapan ini menciptakan apa yang disebut Perkins & Salomon (1989) sebagai *high road transfer*, kemampuan mengaplikasikan pola penalaran yang dipelajari dalam satu konteks ke konteks masalah baru yang berbeda.

Sebaliknya, kelompok CBL tanpa E-LKM melatih dimensi yang sama tetapi dengan intensitas lebih rendah karena keterbatasan eksplorasi mandiri: tanpa umpan balik otomatis, siklus evaluasi-refleksi bergantung sepenuhnya pada intervensi guru yang tidak selalu tersedia secara individual. Temuan ini konsisten dengan Dharmayanthi (2023) yang menegaskan CBL meningkatkan kemampuan berpikir analitis, serta Astuti & Wutsqa (2020) yang membuktikan E-LKM berbasis *problem solving* secara spesifik meningkatkan keterampilan berpikir kritis murid SMA.

## c. Hipotesis 3: Prestasi Belajar Matematika

Hasil uji univariat menunjukkan  $F = 139,284$  ( $p < 0,001$ ). *Pairwise comparisons* menghasilkan *Mean Difference* antara CBL+E-LKM dan CBL sebesar 0,478 ( $p < 0,001$ ), dan antara CBL+E-LKM dan DI sebesar 1,454 ( $p < 0,001$ ). Keunggulan CBL+E-LKM dalam meningkatkan prestasi belajar dapat dipahami melalui tiga mekanisme kognitif yang beroperasi secara sinergis. Pertama, E-LKM mengimplementasikan prinsip *multimedia learning* Mayer (2009) melalui kombinasi teks, animasi, dan simulasi interaktif yang memungkinkan pemrosesan informasi melalui saluran verbal dan visual secara bersamaan (*dual coding*).

Dalam konteks materi Barisan dan Deret, murid tidak hanya membaca rumus  $S_n = n/2(a + U_n)$  tetapi juga memvisualisasikan bagaimana deret aritmetika terbentuk secara dinamis, memperkuat pembentukan *schema* kognitif yang diperlukan untuk pemecahan soal. Pemrosesan ganda ini terbukti meningkatkan retensi dan transfer pengetahuan secara signifikan dibandingkan penyajian tunggal berbasis teks (Mayer, 2009). Kedua, E-LKM memfungsikan prinsip *zone of proximal development* (ZPD) Vygotsky (1978) melalui *scaffolding* digital yang bersifat adaptif.

Petunjuk bertahap, petunjuk konsep prasyarat yang terintegrasi, dan sistem umpan balik formatif otomatis memberikan bantuan yang disesuaikan dengan tingkat kemampuan masing-masing murid, sebuah diferensiasi yang tidak dapat direplikasi secara efisien dalam pembelajaran tatap muka dengan rasio guru-murid 1:35. Ketika

murid menghadapi hambatan konseptual dalam memahami deret geometri tak hingga, misalnya, E-LKM menyediakan jalur bantuan berjenjang yang memandu murid kembali ke konsep rasio geometri tanpa harus menunggu giliran bertanya kepada guru.

Ketiga, konteks kasus autentik yang disajikan CBL meningkatkan *situational interest* Hidi & Renninger (2006) motivasi situasional yang muncul karena relevansi kontekstual masalah. Ketika murid memahami bahwa konsep deret geometri menjelaskan pertumbuhan investasi atau peluruhan radioaktif, motivasi intrinsik untuk memahami konsep tersebut secara mendalam meningkat, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas pemrosesan kognitif dan capaian belajar. Kurniawan et al., (2021) mendukung temuan ini dengan membuktikan E-LKM berbasis *scientific approach* efektif meningkatkan prestasi belajar matematika melalui mekanisme serupa.

### **5. Analisis Komparatif: Keterbatasan Model *Direct Instruction***

Model DI secara konsisten menunjukkan peningkatan terendah pada kedua variabel dependen. Dari perspektif teori pembelajaran modern, keterbatasan DI tidak terletak pada kualitas penyampaian materi oleh guru, melainkan pada arsitektur kognitif yang dibentuknya. DI dirancang untuk mentransfer pengetahuan prosedural secara efisien (*explicit instruction*), tetapi secara struktural tidak menyediakan ruang bagi murid untuk terlibat dalam proses penalaran tingkat tinggi yang diperlukan untuk mengembangkan HOTS (Rosenshine, 2012).

Dalam kerangka taksonomi Anderson & Krathwohl (2001) DI cenderung mengoptimalkan level kognitif mengingat dan memahami, tetapi memberikan sedikit kesempatan untuk level menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta yang merupakan inti dari HOTS. Murid dalam kelompok DI menerima penjelasan guru, mengamati contoh soal, dan mengerjakan latihan terstruktur, sebuah siklus yang melatih penerapan prosedur yang diketahui (*near transfer*), bukan penalaran adaptif terhadap situasi baru (*far transfer*). Hattie (2009) dalam meta-analisisnya menegaskan bahwa meskipun DI efektif untuk penguasaan keterampilan dasar, efek ukurannya jauh lebih kecil dibandingkan metode berbasis inkuiri dan konstruktivisme untuk capaian berpikir tingkat tinggi.

Ketidakkampuan DI memfasilitasi *self-regulation* juga menjadi faktor pembatas yang signifikan. Dalam DI, guru menentukan tempo, urutan, dan kedalaman materi, sehingga murid tidak memperoleh pengalaman dalam merencanakan strategi belajar, memonitor pemahaman diri, dan mengevaluasi hasil penalaran secara mandiri, tiga komponen regulasi diri yang menurut Zimmerman (2002) merupakan prediktor kuat prestasi akademik jangka panjang.

### **6. Sintesis Pembahasan dan Implikasi Teoretis**

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menegaskan bahwa sinergi antara CBL dan E-LKM menghasilkan efek yang melebihi penjumlahan keduanya secara terpisah (*synergistic effect*). CBL menyediakan konteks autentik yang mengaktifkan motivasi intrinsik dan mendorong negosiasi makna melalui diskusi kelompok, selaras dengan konstruktivisme sosial Vygotsky. E-LKM menambahkan lapisan *scaffolding* digital yang memastikan setiap murid dapat berpartisipasi aktif dalam eksplorasi kognitif tanpa dibatasi oleh perbedaan kemampuan awal.

Ketika keduanya beroperasi dalam satu ekosistem pembelajaran, terbentuk kondisi optimal untuk *deep learning*: murid menghadapi masalah autentik yang bermakna (CBL), memiliki alat eksplorasi yang adaptif (E-LKM), dan memperoleh dukungan sosial melalui diskusi kelompok, tiga kondisi yang secara bersamaan diperlukan untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan prestasi belajar matematika yang tinggi.

Secara teoretis, penelitian ini memberikan bukti empiris bagi kerangka *digital constructivism* AECT (2023) bahwa teknologi pendidikan yang terintegrasi dengan model pembelajaran konstruktivis mampu secara simultan meningkatkan dimensi proses (keterampilan berpikir kritis) dan dimensi produk (prestasi belajar) pembelajaran matematika. Ini mengisi celah penelitian yang signifikan, mengingat sebagian besar studi sebelumnya menguji kedua konstruk secara terpisah atau hanya menerapkan salah satu intervensi (Dharmayanthi, 2023; Wijaya et al., 2024).

## 7. Implikasi Praktis

Bagi guru matematika, sintaks CBL berbantuan E-LKM yang terstruktur menawarkan panduan konkret untuk merancang pembelajaran yang secara sistematis melatih HOTS. Yang penting untuk digarisbawahi adalah bahwa keunggulan model ini tidak bergantung pada kecanggihan teknologi semata, melainkan pada kualitas desain pedagogis kasus yang disajikan dan kesesuaian fitur E-LKM dengan tahapan kognitif yang ingin dilatih. Bagi pengambil kebijakan, temuan ini memperkuat argumen untuk mendorong adopsi terintegrasi, bukan adopsi parsial antara model pembelajaran inovatif dan media digital dalam upaya meningkatkan capaian matematika murid Indonesia yang saat ini masih jauh di bawah standar OECD (OECD, 2023).

## 8. Keterbatasan Penelitian

Beberapa keterbatasan perlu diakui untuk mendukung temuan ini secara proporsional. Pertama, penelitian dilaksanakan pada satu sekolah dengan tiga kelas sampel, sehingga generalisasi eksternal memerlukan replikasi pada konteks sekolah dengan karakteristik berbeda (sekolah swasta, daerah terpencil, kapasitas teknologi terbatas). Kedua, materi terbatas pada Barisan dan Deret, sehingga efektivitas model pada topik matematika dengan karakteristik berbeda, seperti geometri atau statistika belum dapat dipastikan. Ketiga, penelitian tidak mengontrol variabel moderator potensial seperti motivasi belajar, *self-efficacy* matematis, dan literasi digital murid, yang mungkin berinteraksi dengan perlakuan dalam membentuk capaian akhir. Penelitian lanjutan disarankan mengadopsi desain *multi-site*, memperluas cakupan materi, dan memasukkan variabel mediator untuk memperoleh pemahaman mekanistik yang lebih lengkap tentang bagaimana CBL berbantuan E-LKM memengaruhi hasil belajar matematika murid SMA.

## Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa terdapat perbedaan signifikan keterampilan berpikir kritis dan prestasi belajar matematika secara simultan maupun parsial antara murid yang belajar dengan model CBL berbantuan E-LKM, model CBL, dan model *Direct Instruction*, dengan urutan keunggulan  $CBL+E-LKM > CBL > DI$  pada kedua variabel. Keunggulan model CBL berbantuan E-LKM bersumber dari sinergi pedagogis antara konteks kasus autentik yang mendorong penalaran tingkat tinggi dan *scaffolding* adaptif E-LKM yang memfasilitasi eksplorasi mandiri, umpan balik formatif, dan regulasi belajar, mekanisme yang tidak tersedia secara optimal pada CBL konvensional maupun *Direct Instruction*. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi model pembelajaran berbasis kasus dengan media digital interaktif mampu mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan prestasi belajar matematika secara bersamaan, sehingga model CBL berbantuan E-LKM layak direkomendasikan sebagai alternatif pembelajaran inovatif dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran matematika, khususnya pada materi yang menuntut penalaran tingkat tinggi. Penelitian lanjutan disarankan menguji model ini pada konteks sekolah yang lebih beragam dan menyertakan variabel moderator seperti motivasi belajar dan *self-efficacy* matematis untuk memperoleh pemahaman yang lebih utuh.

## Daftar Pustaka

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy For Learning, Teaching, And Assessing: A Revision Of Bloom's Taxonomy Of Educational Objectives*. Harlow: Longman.
- Astuti, Y., & Wutsqa, D. U. (2020). Pengembangan E-LKPD Berbasis Problem Solving Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Murid SMA. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7(1), 120-132.
- Al-Tabany, T. I. B. (2017). *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif, Progresif dan Konteksual*. Jakarta Timur: Prenada Media.
- Dharmayanthi, N. P. I. (2023). Penerapan Model Case Based Learning (CBL) Untuk Mengembangkan Critical Thinking Skills Murid Dalam Pembelajaran Geografi Di SMA Negeri 1 Kuta Utara. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 10(3), 291-300.
- Facione, P. A. (2011). Critical Thinking: What It Is And Why It Counts. *Insight Assessment*, 1(1), 1-23.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., & Anderson, R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis; A Global Perspective*. London: Pearson Education
- Halpern, D. F. (2014). *Thought And Knowledge: An Introduction To Critical Thinking*. New York: Psychology Press.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A Synthesis Of Over 800 Meta-Analyses Relating To Achievement*. London: Routledge.
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model Of Interest Development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111-127.
- Kurniawan, A., Sujadi, I., & Pramudya, I. (2021). Efektivitas E-LKS Berbasis Scientific Approach Terhadap Prestasi Belajar Matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 45-58.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Paivio, A. (1991). Dual Coding Theory: Retrospect And Current Status. *Canadian Journal of Psychology/Revue Canadienne De Psychologie*, 45(3), 255-287.
- Perkins, D. N., & Salomon, G. (1989). Are Cognitive Skills Context-Bound?. *Educational Researcher*, 18(1), 16-25.
- Puspitasari, N., Wulandari, S., & Hidayat, A. (2021). Pengembangan Lembar Kerja Murid Elektronik (E-LKM) Interaktif Berbasis Konstruktivisme. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 23(2), 134-145.
- Rosenshine, B. (2012). Principles Of Instruction: Research-Based Strategies That All Teachers Should Know. *American Educator*, 36(1), 12-39.
- Santyasa, I. W., Warpala, I. W. S., & Tegeh, I. M. (2022). Pengaruh Model Pembelajaran Inovatif Terhadap Keterlibatan Kognitif Dan Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 24(1), 1-15.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using Multivariate Statistics*. London: Pearson Education.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development Of Higher Psychological Processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Widjayanti, D. B., Hanum, F., & Sugiman, S. (2019). Keefektifan Lembar Kerja Elektronik Interaktif Dalam Meningkatkan Keterlibatan Dan Prestasi Belajar Matematika. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 6(2), 204-215.
- Wijaya, I. K. W. A., Santyasa, I. W., & Tegeh, I. M. (2024). Pengaruh Model Case Based Learning Berbantuan Video Kontekstual Terhadap Literasi Sains Dan Prestasi Belajar fisika murid SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 14(1), 35-47.

- Wospakrik, F., Tuasamu, M., & Wula, P. (2020). Case Based Learning Sebagai Pendekatan Pembelajaran Untuk Mengembangkan HOTS. *Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2), 123-132.
- Zimmerman, B. J. (2002). Becoming A Self-Regulated Learner: An overview. *Theory into Practice*, 41(2), 64-70.