



Penerapan Worked Example Fading untuk Meningkatkan Kemandirian dalam Pemecahan Masalah Matematika Siswa Sekolah Dasar

Rachmat Imam Muslim^{1*}, Ulil Albab² & Meilan Triwuryani³

^{1,3}Universitas Muhammadiyah Kendal Batang, Kendal, Indonesia

²Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, Indonesia

*Email: rachmatimam.spd@gmail.com

Submitted: 2025-06-29

DOI: 10.53088/eej.v5i1.3477

Accepted: 2025-12-02

Published: 2025-12-27

Keyword	Abstract
Classroom Action Research Cognitive Load Theory Mathematical Problem Solving	Background: The objective of this study was to analyze Worked Example Fading (WEF) implementation and evaluate its effectiveness in reducing instructional dependency while enhancing mathematical problem-solving abilities among fifth-grade elementary students. Method: This Classroom Action Research (CAR), utilizing the Kemmis and McTaggart model, spanned two cycles at SD Muhammadiyah Kabupaten Batang, Indonesia. Data were gathered via classroom observations, field notes, and Polya-based problem-solving tests. Crucially, the newly developed Worked Example Dependency Assessment (WEDA) monitored real-time trajectories of cognitive independence across five core dimensions: initiating problem solving, procedural independence, transfer ability, mathematical reasoning, and learning persistence. Result: The findings indicated that: (1) Baseline data showed acute dependency with 31.25% classical mastery. (2) Cycle I abrupt fading caused cognitive bottlenecks, though mastery reached 56.25%. (3) Cycle II adaptive micro-fading with self-explanation prompts minimized extraneous cognitive load, achieving an 82.10 average and 87.50% mastery. (4) WEDA evaluations unraveled a systematic mechanism of change, proving that procedural independence liberated working memory capacity for higher-order mathematical reasoning and far-transfer tasks. Implication: Elementary teachers should transition from rigid direct instruction to dynamic micro-fading strategies that shift cognitive agency to students. Furthermore, policymakers should champion process-oriented formative frameworks over purely summative assessments. Novelty: This study uncovers the dynamic, longitudinal cognitive transition from dependence to autonomy by operationalizing the novel WEDA process-based assessment framework in an authentic classroom.

PENDAHULUAN

Kemampuan pemecahan masalah matematis di tingkat sekolah dasar sering kali terhambat oleh fenomena ketergantungan prosedural yang akut, di mana siswa menunjukkan performa akademis yang memadai ketika meniru contoh yang diberikan guru, namun mengalami kebuntuan kognitif saat dihadapkan pada variasi soal baru. Fenomena instruksi yang menekankan hafalan aturan dan latihan prosedural berulang cenderung menghasilkan pemahaman yang dangkal, serta hanya diproses pada memori jangka pendek dan pengenalan pola visual sederhana bukan penalaran konseptual yang mendalam (Jonsson et al., 2022; Kim, 2020). Ketika siswa sekolah dasar terlalu mengandalkan aturan dan prosedur dalam menyelesaikan soal, proses metakognitif yang diperlukan untuk mengarahkan pemecahan dari kompleksitas masalah matematis tidak terstimulasi secara optimal (Rican et al., 2022). Akibatnya, pemecahan masalah mandiri yang menuntut fleksibilitas kognitif, regulasi diri, dan kemampuan mengabstraksi struktur matematis dari konteks konkrit menjadi sulit berkembang, membatasi potensi siswa untuk berpartisipasi dalam aktivitas matematis yang lebih kompleks di jenjang pendidikan berikutnya.

Kualitas instruksi matematis tidak lagi diukur dari seberapa komprehensif seorang guru mendemonstrasikan langkah-langkah penyelesaian di papan tulis, melainkan dari kapasitas pedagogis guru dalam merancang scaffolding yang adaptif dan mengurangnya secara sistematis demi memfasilitasi transisi agensi kognitif dari guru ke siswa. Konstruksi pengetahuan matematis yang bermakna menuntut adanya pergeseran tanggung jawab berpikir, di mana kontrol instruksional dikurangi secara bertahap seiring dengan meningkatnya kompetensi internal siswa (Pol et al., 2019; Wahyuni, 2025). Kegagalan guru dalam mengelola pengurangan bantuan ini sering kali membuat siswa terlalu mengandalkan aturan dan prosedur, proses metakognitif untuk mengelola kompleksitas masalah menjadi kurang terstimulasi (Wahyuni, 2025). Oleh karena itu, tantangan utama dalam didaktik matematika sekolah dasar adalah bagaimana menstrukturkan intervensi pembelajaran agar tidak hanya meminimalkan kegagalan kognitif di awal, tetapi juga secara aktif mendorong pengambilalihan proses berpikir mandiri oleh siswa melalui pengurangan dukungan eksternal yang terukur.

Dalam domain psikologi kognitif, *Cognitive Load Theory* dan *Worked Example Effect* memberikan landasan teoretis mengenai mengapa menekankan contoh penyelesaian yang terstruktur sangat krusial pada fase awal akuisisi pengetahuan. Ketika siswa sekolah dasar yang dikategorikan sebagai pemula (*novices*) dihadapkan pada masalah matematika yang kompleks tanpa panduan, kapasitas memori kerja (*working memory*) mereka yang terbatas akan cepat jenuh oleh beban kognitif (*extraneous cognitive load*) akibat proses pencarian acak menggunakan analisis sarana-tujuan (*means-ends analysis*) (Sweller, 2024). *Worked Example Effect* memitigasi risiko ini dengan mengalihkan fokus kognitif siswa dari pencarian solusi yang tidak efisien menuju pembentukan skema mental (*schema acquisition*) dalam memori jangka panjang melalui analisis langkah-langkah penyelesaian yang eksplisit (Ngu et al., 2025; Sweller, 2024; Wesenberg et al., 2022). Sintesis dari kedua perspektif ini menunjukkan bahwa pada tahap awal, *worked examples* bertindak sebagai representasi eksternal dari memori kerja yang teratur, mengurangi beban kognitif yang tidak relevan, dan membebaskan kapasitas memori kerja siswa untuk dialokasikan pada beban kognitif *germane* (*germane cognitive load*), yaitu pemrosesan kognitif yang didedikasikan untuk pemahaman konseptual yang mendalam dan integrasi skema (Chen et al., 2024).

Pandangan berbeda muncul ketika ketergantungan yang berkepanjangan pada contoh penyelesaian penuh dapat memicu efek sebaliknya, di mana intervensi yang awalnya membantu berubah menjadi beban kognitif yang menghambat bagi siswa yang mulai

berkembang (Kalyuga & Renkl, 2010). Untuk mengantisipasi hal ini, literatur mengenai *Guidance Fading*, *Worked Example Fading*, *Completion Problems*, dan *Self-Explanation* harus diintegrasikan sebagai satu kesatuan mekanisme instruksional yang dinamis. *Worked Example Fading* menjembatani kesenjangan antara contoh penuh (*full worked examples*) dan pemecahan masalah mandiri (*independent problem solving*) dengan menghapus langkah-langkah penyelesaian secara bertahap, mengubah dokumen instruksional menjadi *completion problems* di mana siswa harus melengkapi bagian yang hilang (Renkl, 2021). Proses pelengkapan ini menyatu menuntut siswa untuk melakukan *self-explanation*, sebuah aktivitas kognitif tingkat tinggi di mana siswa menjelaskan prinsip matematika di balik langkah-langkah tersebut kepada diri mereka sendiri (Cotto & Medrano, 2026; Salden et al., 2009). Mekanisme ini memastikan bahwa pengurangan skafolding eksternal secara konstan diimbangi oleh peningkatan aktivitas kognitif internal, meminimalkan beban kognitif sekaligus mempromosikan pemahaman konseptual yang aktif.

Beberapa penelitian telah menguji efektivitas *worked example fading*. Namun, sebagian besar studi empiris mengenai *worked examples* cenderung mengadopsi desain eksperimental kuantitatif yang berfokus pada pengukuran hasil akhir, seperti hasil belajar, efisiensi kognitif melalui pengukuran beban kognitif *post-test*, atau kemampuan transfer statis (Ding & Mochaourab, 2024; Doç & Çiğdem, 2018; Salden et al., 2010). Pendekatan yang berorientasi pada produk ini belum cukup mampu menangkap dinamika perubahan kognitif dan perilaku siswa secara longitudinal selama proses pembelajaran berlangsung. Masih terdapat kelangkaan penjelasan mengenai bagaimana lintasan perkembangan (*developmental trajectory*) kemandirian siswa bergeser dari ketergantungan penuh pada representasi eksternal menuju otonomi berpikir seiring dengan dikurangnya skafolding langkah demi langkah dalam setting kelas yang riil.

Keterbatasan literatur tersebut berakar pada sebuah research gap yang mendasar: belum tersedianya instrumen empiris yang dirancang secara khusus untuk mengevaluasi perkembangan kemandirian dan tingkat ketergantungan kognitif siswa secara komprehensif dan berkala selama proses *worked example fading* diimplementasikan. Instrumen penilaian yang ada saat ini umumnya berupa tes prestasi belajar konvensional atau skala beban kognitif subjektif yang diadministrasikan di akhir sesi, yang tidak mampu mendeteksi fluktuasi dependensi siswa di setiap tahapan pengurangan bantuan. Tanpa adanya instrumen pemantauan proses yang sensitif, efektivitas mikro dari *worked example fading* dalam memicu perubahan perilaku metakognitif siswa dari waktu ke waktu menjadi sulit dipahami secara mendalam oleh praktisi maupun peneliti, menyebabkan intervensi instruksional ini sering kali diterapkan secara mekanistik tanpa penyesuaian yang responsif terhadap kebutuhan aktual siswa.

Penelitian ini mencoba mengkonseptualisasikan melalui lima dimensi saling terkait yang disintesis dari berbagai teori kognitif dan metakognitif terkemuka. Dimensi pertama, *Initiating Problem Solving*, mengukur kemampuan awal siswa untuk mulai memetakan masalah tanpa menunggu instruksi yang rinci untuk mengetahui kemampuan terkait regulasi diri (Silva & Guimarães, 2021). Dimensi kedua, *Procedural Independence*, menilai sejauh mana siswa mampu mengeksekusi langkah-langkah logis matematis secara mandiri ketika struktur panduan mulai dihilangkan (Martínez-salinas & Sánchez-aguirre, 2024). Dimensi ketiga, *Transfer Ability*, melacak fleksibilitas kognitif siswa dalam menerapkan skema yang diperoleh dari contoh ke dalam konteks masalah baru dengan tingkat abstraksi yang lebih tinggi (van Bers et al., 2020). Dimensi keempat, *Mathematical Reasoning*, mengevaluasi kualitas penjelasan mandiri (*self-explanation*) siswa terkait justifikasi logis di balik pemilihan operasi matematika tertentu (Pratt & Alderton, 2023). Dimensi kelima, *Learning Persistence*, merepresentasikan aspek afektif-konseptual mengenai ketahanan

siswa untuk tetap berada dalam tugas pemecahan masalah meskipun menghadapi kesulitan kognitif (Yapatang & Polyiem, 2022). Kelima dimensi yang berbasis sintesis teoretis mendalam ini kemudian dioperasionalisasikan untuk membangun sebuah assessment framework yang diberi nama *Worked Example Dependency Assessment* (WEDA). Dalam penelitian ini WEDA bukan merupakan sebuah teori baru maupun model pembelajaran mandiri, melainkan sebuah kerangka asesmen formatif yang dikembangkan oleh peneliti untuk mengevaluasi derajat ketergantungan dan kemandirian kognitif siswa dalam lingkungan belajar berbasis fading.

Konteks penelitian ini ditempatkan pada level sekolah dasar, khususnya pada siswa kelas V di SD Muhammadiyah Kabupaten Batang, Indonesia. Pemilihan fase perkembangan ini didasarkan pada argumen psikologi perkembangan bahwa siswa usia akhir sekolah dasar berada pada masa transisi krusial dari operasi konkret ke operasi formal, di mana landasan penalaran matematis abstrak dan kebiasaan metakognitif mulai terbentuk (Verschaffel et al., 2019). Karakteristik materi matematika di kelas V yang mulai didominasi oleh konsep-konsep fraksional, rasio, dan geometri spasial sering kali memicu kecemasan matematis dan ketergantungan akut pada hafalan rumus akibat beban kognitif yang tinggi. Metodologi *Classroom Action Research* (PTK) model Kemmis dan McTaggart yang dilaksanakan dalam dua siklus dipilih secara sengaja karena sifatnya yang siklikal, reflektif, dan kolaboratif, yang sangat selaras dengan filosofi skafolding dinamis. PTK memungkinkan peneliti secara terus-menerus merefleksikan dan menyesuaikan kecepatan serta pola pengurangan bantuan (*worked example fading*) berdasarkan analisis data yang diperoleh secara real-time di setiap tindakan kelas. Dalam konteks PTK ini, WEDA diposisikan sebagai instrumen utama evaluasi tindakan untuk memetakan perkembangan otonomi siswa di setiap akhir siklus, memberikan umpan balik empiris bagi peneliti untuk merancang desain intervensi pada siklus berikutnya.

Berdasarkan latar belakang dan kerangka berpikir yang telah diuraikan, penelitian ini secara eksplisit bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas penerapan *Worked Example Fading* dalam meningkatkan kemandirian siswa dalam pemecahan masalah matematika di sekolah dasar melalui lensa metodologi penelitian tindakan kelas. Secara khusus, penelitian ini berusaha menginvestigasi bagaimana struktur pengondisian kelas berbasis pengurangan bantuan secara bertahap dapat memfasilitasi transisi kognitif siswa dari kondisi dependensi menuju otonomi matematis, serta bagaimana kerangka asesmen WEDA yang dikembangkan berdasarkan sintesis teori ini dapat berfungsi secara efektif dalam mengevaluasi profil perkembangan kemandirian tersebut selama dua siklus tindakan.

METODE

Jenis dan Desain

Penelitian ini menggunakan Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dengan model spiral yang dikembangkan oleh Kemmis and McTaggart yang terdiri atas empat tahapan, yaitu perencanaan (*planning*), pelaksanaan tindakan (*acting*), observasi (*observing*), dan refleksi (*reflecting*). Penelitian dilaksanakan dalam dua siklus, dengan kemungkinan penambahan siklus apabila indikator keberhasilan belum tercapai. Setiap siklus terdiri atas dua kali pertemuan pembelajaran dan satu kali evaluasi.

Tindakan yang diberikan berupa penerapan *Worked Example Fading* dalam pembelajaran matematika. Pada tahap awal guru menyajikan full worked example untuk membantu siswa membangun skema penyelesaian masalah sekaligus mengurangi beban kognitif yang tidak relevan. Selanjutnya contoh penyelesaian dikurangi secara bertahap

(partial worked example) sehingga siswa melengkapi langkah-langkah yang belum tersedia (completion problem). Pada tahap akhir siswa menyelesaikan soal secara mandiri (independent problem solving) dan melakukan refleksi terhadap strategi yang digunakan. Hasil observasi dan refleksi pada setiap siklus menjadi dasar penyempurnaan tingkat fading, bentuk bantuan guru, serta aktivitas pembelajaran pada siklus berikutnya.

Data dan Sumber Data

Penelitian menggunakan data kuantitatif dan data kualitatif. Data kuantitatif berupa hasil tes kemampuan pemecahan masalah matematika siswa yang diperoleh melalui pretest dan posttest pada setiap siklus. Data kualitatif meliputi hasil observasi keterlaksanaan pembelajaran, aktivitas siswa, hasil penilaian menggunakan Worked Example Independence Assessment (WEIA), catatan lapangan, dokumentasi, dan jurnal refleksi guru.

Sumber data utama penelitian adalah seluruh siswa kelas V pada salah satu Sekolah Dasar Muhammadiyah di Kabupaten Batang sebagai subjek tindakan. Guru kelas berperan sebagai pelaksana tindakan, sedangkan peneliti bertindak sebagai perancang tindakan, pengamat, sekaligus fasilitator refleksi selama pelaksanaan penelitian..

Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian dikumpulkan menggunakan beberapa instrumen yang saling melengkapi. Kemampuan pemecahan masalah matematika diukur menggunakan tes uraian yang disusun berdasarkan tahapan pemecahan masalah menurut George Pólya, yaitu memahami masalah, merencanakan penyelesaian, melaksanakan penyelesaian, dan memeriksa kembali hasil penyelesaian.

Kemandirian siswa dalam pemecahan masalah diukur menggunakan Worked Example Independence Assessment (WEIA) yang dikembangkan peneliti berdasarkan sintesis teori Cognitive Load Theory, Worked Example Effect, Guidance Fading, Self-Explanation, dan Transfer of Learning. Instrumen ini terdiri atas lima dimensi, yaitu Initiating Problem Solving, Procedural Independence, Transfer Ability, Mathematical Reasoning, dan Learning Persistence. Masing-masing dimensi dinilai menggunakan skala empat tingkat, yaitu 1 (belum berkembang), 2 (mulai berkembang), 3 (berkembang sesuai harapan), dan 4 (berkembang sangat baik).

Selain itu, observasi digunakan untuk menilai keterlaksanaan sintaks Worked Example Fading yang meliputi penyajian full worked example, partial worked example, completion problem, independent problem solving, dan reflection. Aktivitas siswa diamati berdasarkan keterlibatan dalam pembelajaran, kemampuan memanfaatkan contoh penyelesaian secara tepat, keberanian menyelesaikan soal secara mandiri, kemampuan menjelaskan strategi penyelesaian, serta ketekunan dalam menyelesaikan tugas. Data pendukung diperoleh melalui catatan lapangan, dokumentasi pembelajaran, dan jurnal refleksi guru pada setiap akhir siklus.

Keabsahan Data

Keabsahan data dilakukan melalui triangulasi teknik dengan membandingkan hasil tes, hasil observasi, penilaian WEIA, dokumentasi, dan catatan lapangan sehingga diperoleh informasi yang saling menguatkan. Selanjutnya dilakukan member checking bersama guru kelas pada akhir setiap siklus untuk memastikan bahwa hasil interpretasi peneliti sesuai dengan kondisi pembelajaran yang sebenarnya.

Sebelum digunakan, seluruh instrumen penelitian divalidasi melalui expert judgment yang melibatkan 2 guru sekolah dasar berpengalaman. Validasi dilakukan untuk menilai kesesuaian indikator, kejelasan konstruk, keterbacaan instrumen, serta kesesuaian instrumen dengan tujuan penelitian..

Data analysis / Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif yang meliputi nilai rata-rata, persentase ketuntasan belajar klasikal, skor Normalized Gain (N-Gain), serta skor rata-rata setiap dimensi WEIA.

Nilai rata-rata dihitung menggunakan rumus:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

dengan $\bar{X}$ adalah rata-rata hasil belajar, $\sum X$ adalah jumlah seluruh skor siswa, dan N adalah jumlah siswa.

Ketuntasan belajar klasikal dihitung menggunakan rumus:

$$KB = \frac{n_t}{N} \times 100\%$$

dengan n_t adalah jumlah siswa yang mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) dan N adalah jumlah seluruh siswa. Pembelajaran dinyatakan tuntas secara klasikal apabila sedikitnya 80% siswa mencapai KKM.

Peningkatan kemampuan pemecahan masalah dianalisis menggunakan Normalized Gain (N-Gain) menurut Richard R. Hake dengan rumus:

$$g = \frac{\text{Posttest} - \text{Pretest}}{\text{Skor Maksimum} - \text{Pretest}}$$

Nilai N-Gain diinterpretasikan menjadi tiga kategori, yaitu tinggi ($g \geq 0,70$), sedang ($0,30 \leq g < 0,70$), dan rendah ($g < 0,30$).

Skor kemandirian siswa berdasarkan WEIA dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{\sum X}{\sum X_{maks}} \times 100\%$$

dan diinterpretasikan menjadi lima kategori, yaitu 81–100% (sangat mandiri), 61–80% (mandiri), 41–60% (cukup mandiri), 21–40% (kurang mandiri), dan $\leq 20\%$ (belum mandiri).

Data kualitatif dianalisis menggunakan model interaktif Matthew B. Miles, A. Michael Huberman, dan Johnny Saldaña melalui tahapan kondensasi data, penyajian data, serta penarikan dan verifikasi kesimpulan. Hasil analisis kuantitatif dan kualitatif kemudian diintegrasikan pada tahap refleksi untuk mengevaluasi efektivitas tindakan dan merancang perbaikan pada siklus berikutnya.

Penelitian dinyatakan berhasil apabila memenuhi indikator berikut: (1) nilai N-Gain kemampuan pemecahan masalah berada pada kategori minimal sedang ($g \geq 0,30$); (2) ketuntasan belajar klasikal mencapai sedikitnya 80% siswa; (3) skor rata-rata WEIA mencapai minimal 81% dengan kategori sangat mandiri; (4) keterlaksanaan sintaks *Worked Example Fading* mencapai minimal 81% dengan kategori sangat baik; dan (5) hasil refleksi menunjukkan bahwa siswa semakin mampu menyelesaikan masalah matematika secara mandiri dengan berkurangnya ketergantungan terhadap contoh penyelesaian yang diberikan guru.

HASIL

Implementasi tindakan kelas melalui penerapan *Worked Example Fading* (WEF) selama dua siklus menunjukkan pergeseran kualitatif yang signifikan dalam dinamika instruksional kelas. Pada prasiklus, suasana pembelajaran didominasi oleh *scaffolding dependency*, di mana siswa secara pasif menunggu algoritma penyelesaian penuh dari guru sebelum berani memulai pengerjaan soal matematika. Ketergantungan siswa akan contoh yang diberikan guru dalam menyelesaikan persoalan yang diberikan tersebut coba diintervensi pada Siklus I melalui pengenalan lima tahapan *Full Worked Example*, *Partial Worked Example*, *Completion Problem*, *Independent Problem Solving*, dan *Reflection*.

Pada awal Siklus I, adaptasi instruksional guru berfokus pada penataan ulang desain materi ajar. Guru memformulasikan transisi dari contoh penyelesaian penuh menuju penghapusan langkah-langkah prosedural secara bertahap. Namun, catatan lapangan menunjukkan terjadinya *cognitive bottleneck* pada fase *Completion Problem*; siswa mengalami disorientasi ketika jumlah langkah yang dihilangkan terlalu drastis, yang memicu kembalinya perilaku meminta bantuan langsung (*dependence rebound*).

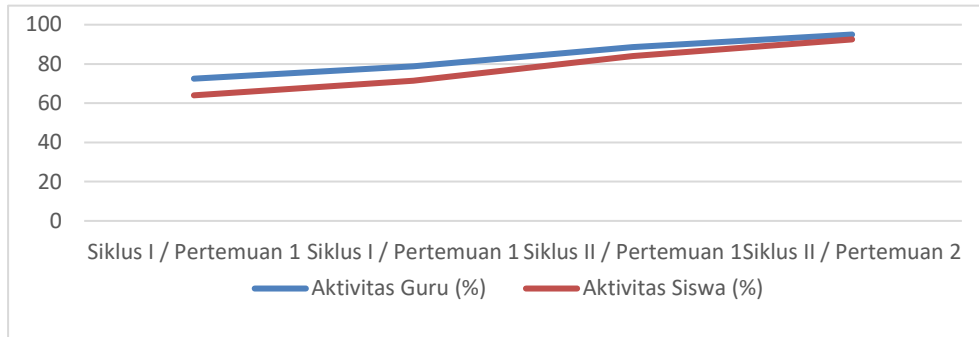
Merespons kendala tersebut, guru melakukan perbaikan taktis pada Siklus II dengan menerapkan skema fading yang lebih adaptif dan gradual (*micro-fading*). Guru menyisipkan *self-explanation prompts* yang lebih eksplisit pada fase *Partial Worked Example* untuk menjembatani memori kerja siswa sebelum masuk ke *Completion Problem*. Perubahan ini mengubah peran guru dari penyedia solusi instruksional menjadi fasilitator metakognitif. Hasilnya, transisi agensi kognitif dari guru ke siswa berjalan lebih halus, yang ditandai dengan berkurangnya siswa yang meminta penjelasan ulang selama fase *Independent Problem Solving*. Berdasarkan fakta penelitian, keberhasilan intervensi WEF dalam penelitian ini tidak ditentukan oleh beragam contoh atau contoh yang sulit, melainkan oleh adaptabilitas guru dalam mengatur kecepatan pengurangan bantuan sesuai dengan respons kognitif aktual siswa di dalam kelas.

Pelaksanaan tindakan dipantau menggunakan lembar observasi aktivitas guru dan siswa untuk memastikan bahwa setiap tahapan WEF dijalankan sesuai dengan rencana penelitian. Data keterlaksanaan tindakan selama dua siklus disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Presentase Keterlaksanaan Tindakan Guru dan Siswa

Siklus	Aktivitas Guru (%)	Aktivitas Siswa (%)
Siklus I / Pertemuan 1	72,5	64
Siklus I / Pertemuan 2	78,80	71,5
Siklus II / Pertemuan 1	88,5	84
Siklus II / Pertemuan 2	95	92,5

Gambar 1. Grafik Presentase Keterlaksanaan Tindakan Guru dan Siswa



Pada gambar 1 terlihat ilustrasi lintasan pertumbuhan yang konsisten baik dari segi performa instruksional guru maupun keterlibatan kognitif siswa. Peningkatan signifikan keterlaksanaan tindakan dari Siklus I ke Siklus II didorong oleh reposisi peran guru yang berhasil meminimalkan intervensi verbal yang tidak perlu pada fase-fase akhir sintaks WEF. Pada Siklus I, guru masih sering secara reflek memberikan instruksi langsung (*direct instruction*) ketika melihat siswa ragu-ragu di tahap *Completion Problem*. Kondisi ini mengonfirmasi kecenderungan guru untuk mempertahankan kontrol instruksional akibat kekhawatiran akan kegagalan siswa (Herzamazam & Yudha, 2025).

Namun pada Siklus II, setelah merefleksikan kelemahan tersebut, guru berhasil menahan diri dan beralih menggunakan pertanyaan pemantik metakognitif (*metacognitive prompting*). Modifikasi perilaku guru ini berdampak langsung pada aktivitas siswa; skor keterlibatan aktif siswa melonjak karena mereka dipaksa secara kondusif untuk mengisi ruang kognitif yang ditinggalkan oleh guru melalui aktivitas *self-explanation*. Sintesis pada bagian ini menunjukkan adanya hubungan timbal-balik yang kuat (*reciprocal relationship*) antara penurunan kontrol instruksional guru yang terstruktur dengan peningkatan agensi kognitif aktif siswa di sekolah dasar.

Dampak langsung dari peningkatan implementasi WEF terlihat pada peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa, yang diukur melalui tes berbasis indikator Polya pada setiap akhir siklus. Data kuantitatif perkembangan ini dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Skor Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa

Indikator Statistik	Pra-Tindakan	Siklus I	Siklus II
Rata-rata Kelas	54.20	68.50	82.10
Ketuntasan Klasikal (%)	31.25	56.25	87.50
Skor Tertinggi	75.00	85.00	100.00
Skor Terendah	35.00	50.00	65.00
N-Gain Klasikal	—	0.31 (Sedang)	0.61 (Sedang)

Data pada Tabel 2 dan visualisasi garis di atas menunjukkan lompatan performa yang melampaui target indikator keberhasilan klasikal (80%). Peningkatan rata-rata kelas dari fase awal yang berada di bawah standar minimum, disusul oleh capaian nilai sempurna (100) pada Siklus II, mengonfirmasi bahwa penataan materi menggunakan prinsip beban kognitif yang optimal mampu mereduksi hambatan belajar siswa. Perhitungan *N-Gain* yang

stabil pada kategori sedang membuktikan bahwa pertumbuhan kemampuan ini terjadi secara gradual dan konsisten, bukan sebuah anomali sesaat.

Secara akademis, perbaikan ini terjadi karena siswa kelas V mengalami pengurangan beban kognitif ekstraneus secara dramatis semenjak pertemuan awal Siklus I. Melalui paparan *Full Worked Example*, memori kerja siswa tidak lagi dihabiskan untuk menebak-nebak formula apa yang harus digunakan, melainkan difokuskan pada pemahaman mengapa langkah tersebut diambil. Pada saat siswa memasuki Siklus II, skema mental mereka untuk tipe-tipe masalah tertentu telah terbentuk dalam memori jangka panjang, sehingga peningkatan performa pada tes akhir bukan hasil dari menghafal prosedur, melainkan hasil dari efisiensi pemrosesan informasi kognitif (Sweller et al., 2019). Mini-sintesis dari bagian ini memperlihatkan bahwa intervensi WEF terbukti efektif secara empiris dalam mengonversi kapasitas memori kerja siswa sekolah dasar menjadi hasil belajar pemecahan masalah yang bermakna dan terukur.

Untuk memahami apa yang terjadi di balik peningkatan nilai tes tersebut, perkembangan perilaku kognitif dan metakognitif siswa dipantau menggunakan *Worked Example Dependency Assessment* (WEDA). Kerangka asesmen ini mengukur tingkat kemandirian siswa berdasarkan skala skor 1–4 untuk masing-masing dimensi. Rata-rata capaian dimensi WEDA disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Capaian Rata-Rata Dimensi WEDA Siswa

Dimensi WEDA	Pra-Tindakan	Siklus I	Siklus II
Problem Solving (IPS)	1.80	2.50	3.40
Procedural Independence (PI)	1.50	2.20	3.50
Transfer Ability (TA)	1.30	1.90	2.80
Mathematical Reasoning (MR)	1.40	2.10	3.10
Learning Persistence (LP)	2.10	2.40	3.20

Analisis mendalam per dimensi berdasarkan data observasi pada table 3 mengungkapkan dinamika perubahan yang kemudian dirangkum dalam table 4

Tabel 4. Ringkuman temuan penelitian berdasarkan dimensi

Dimensi	Ringkasan Temuan Penelitian
Initiating Problem Solving (IPS)	Dimensi ini mengalami peningkatan yang didorong oleh hilangnya rasa takut salah pada diri siswa ketika menghadapi lembar kerja. Data observasi Siklus I menunjukkan siswa tidak lagi pasif menunggu instruksi klasikal; keberadaan struktur parsial pada Partial Worked Example memberikan jangkar psikologis yang menstimulasi siswa untuk mulai mengidentifikasi komponen masalah secara mandiri sejak menit-menit awal.
Procedural Independence (PI)	Lonjakan tertajam terjadi pada dimensi ini. Hal ini disebabkan oleh desain Completion Problem pada Siklus II yang secara mekanis melatih siswa untuk mengeksekusi komputasi matematis tanpa konfirmasi konstan kepada guru. Siswa menyadari bahwa mereka memiliki kapasitas untuk menyelesaikan rantai algoritma secara otonom karena langkah sebelumnya telah tervalidasi oleh sistem panduan
Transfer Ability (TA):	Dimensi ini mencatat skor terendah di setiap fase dibandingkan dimensi lainnya, yang menandakan bahwa kemampuan mentransfer skema konseptual ke soal baru (far transfer) merupakan tantangan kognitif tertinggi bagi anak usia sekolah dasar (Verschaffel et al., 2020). Meskipun demikian, pertumbuhan dari pra-tindakan ke Siklus II membuktikan bahwa paparan variasi masalah yang dikombinasikan dengan pengurangan bantuan secara bertahap mampu melatih fleksibilitas kognitif siswa secara moderat
Mathematical Reasoning (MR)	Peningkatan konsisten pada dimensi penalaran ini merupakan dampak langsung dari integrasi self-explanation prompts pada Siklus II. Catatan lapangan membuktikan bahwa ketika siswa diwajibkan menuliskan alasan mengapa mereka memilih operasi hitung tertentu pada kolom yang disediakan, kualitas argumen matematis mereka berkembang dari sekadar menulis "karena rumusnya begitu" menjadi "karena kita harus mencari total luas permukaan sebelum mengalikan dengan biaya".
Learning Persistence (LP)	Dimensi afektif-kognitif ini berkembang secara bertahap. Karakteristik tugas dalam WEF yang menantang namun dapat dicapai (zone of proximal development) mencegah siswa dari keputusan akademis (learned helplessness). Siswa menunjukkan persistensi yang lebih tinggi untuk tetap mencoba menyelesaikan soal yang salah daripada langsung menyerah meminta jawaban jadi dari guru.

Mini-sintesis dari profil WEDA ini menunjukkan bahwa pertumbuhan kemandirian siswa bukanlah proses yang seragam; aspek prosedural dan inisiasi berkembang lebih cepat, sementara aspek transfer dan penalaran mendalam membutuhkan waktu maturasi kognitif yang lebih panjang dan intervensi yang konstan.

Keberhasilan intervensi ini tidak terjadi secara terisolasi pada masing-masing dimensi, melainkan melalui sebuah mekanisme kausalitas kognitif yang terstruktur. Berdasarkan

analisis kualitatif dari catatan lapangan dan perkembangan skor WEDA, dapat diidentifikasi sebuah lintasan perubahan (*mechanism of change*) yang sistematis.

Proses ini diawali dengan penguatan pada dimensi *Initiating Problem Solving* (IPS). Ketika rasa cemas siswa direduksi oleh *Full Worked Example*, kesiapan metakognitif mereka untuk memulai tugas meningkat. Kesiapan berinisiasi ini memberikan momentum kognitif bagi berkembangnya *Procedural Independence* (PI). Karena siswa sudah terbiasa bergerak aktif sejak awal pengerjaan soal pada tahap *Partial Worked Example*, mereka mulai membangun kepercayaan diri untuk mengeksekusi prosedur matematis secara mandiri tanpa bergantung pada validasi eksternal guru.

Seiring berjalannya waktu, kemandirian prosedural yang terasah secara berulang ini membebaskan kapasitas memori kerja siswa dari beban komputasi tingkat rendah. Kapasitas kognitif yang tersisa (*residual cognitive capacity*) inilah yang kemudian dialokasikan siswa untuk mengaktifkan fungsi kognitif yang lebih tinggi, yaitu *Mathematical Reasoning* (MR) melalui aktivitas *self-explanation*. Kemampuan menjustifikasi langkah konseptual secara logis inilah yang menjadi motor utama bagi peningkatan *Transfer Ability* (TA). Siswa tidak lagi terjebak pada karakteristik permukaan (*surface features*) dari sebuah soal, melainkan mampu melihat struktur matematis yang mendasarinya (*deep structure*), sehingga mereka dapat mentransfer prosedur tersebut ke situasi baru yang belum pernah diajarkan sebelumnya (H. Wang, 2011).

Umpan balik positif dari keberhasilan mentransfer ini memperkuat *Learning Persistence* (LP) siswa, yang pada akhirnya secara akumulatif mengejawantah sebagai peningkatan kemampuan pemecahan masalah matematis yang utuh pada tes akhir. Mekanisme kausalitas ini membuktikan bahwa WEDA berhasil memetakan evolusi kognitif siswa dari penerima pasif menjadi pemecah masalah yang adaptif.

Sifat siklikal dari penelitian tindakan kelas ini terekam dalam evaluasi kritis terhadap hambatan dan perbaikan yang dilakukan di setiap akhir siklus, sebagaimana disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Matriks Refleksi Tindakan, Hambatan, dan Solusi Antarsiklus

Siklus	Temuan Utama	Hambatan yang Teridentifikasi	Tindakan Perbaikan untuk Siklus Berikutnya	Dampak pada Siklus Berikutnya
I	Nilai pemecahan masalah meningkat, namun skor dimensi Transfer Ability pada WEDA masih stagnan.	Siswa mengalami cognitive shock saat beralih dari contoh penuh ke completion problem karena langkah bantuan dihilangkan terlalu cepat (abrupt fading).	Menerapkan strategi micro-fading dengan menambahkan petunjuk instruksional eksplisit (self-explanation prompts) pada bagian langkah yang dihapus.	Skor dimensi Mathematical Reasoning meningkat tajam, diikuti oleh perbaikan bertahap pada Transfer Ability.
II	Ketuntasan klasikal tercapai, kemandirian siswa stabil pada semua dimensi WEDA.	Beberapa siswa berkemampuan tinggi menunjukkan indikasi bosan pada fase awal Full Worked Example (expertise reversal effect).	Melakukan diferensiasi kecepatan fading (adaptive fading rate) di mana siswa yang menguasai cepat diizinkan melompati contoh penuh langsung ke completion problem.	Seluruh spektrum kemampuan siswa (tinggi, sedang, rendah) terfasilitasi secara optimal, menciptakan iklim otonomi belajar yang merata.

Hasil refleksi pada Tabel 5 mengonfirmasi bahwa penataan instruksional berbasis teori kognitif harus bersifat fleksibel di lapangan. Hambatan pada Siklus I membuktikan bahwa *abrupt fading* justru dapat memicu kecemasan kognitif baru yang menghambat proses belajar dalam hal ini transfer pengetahuan (Ahmed & Opoku, 2022; Pol et al., 2019). Keberhasilan perbaikan pada Siklus II menegaskan bahwa penambahan instruksi diferensiasi mampu memitigasi efek negatif dari *expertise reversal effect* pada siswa sekolah dasar yang berkembang lebih cepat. Mini-sintesis dari analisis refleksi ini menunjukkan bahwa efektivitas intervensi WEF dalam konteks kelas nyata sangat bergantung pada pemantauan formatif yang adaptif, di mana refleksi berbasis data WEDA berfungsi sebagai kompas perubahan tindakan.

PEMBAHASAN

Temuan empiris penelitian ini memberikan konfirmasi yang kuat terhadap konsep teori Cognitive Load Theory sekaligus memperluas aplikabilitasnya pada domain penelitian tindakan kelas di sekolah dasar. Peningkatan simultan antara skor WEDA dan kemampuan pemecahan masalah membuktikan bahwa intervensi *Worked Example Fading* bekerja dengan mengoptimalkan arsitektur kognitif manusia (Sweller, 2024). Pada fase awal, penyediaan *Full Worked Example* terbukti berhasil meminimalkan beban kognitif ekstraneus siswa kelas V SD Muhammadiyah Batang yang bertindak sebagai pemula (novices). Penemuan ini sejalan dengan studi dari beberapa penelitian lain yang menyatakan bahwa instruksi bermakna bagi pemula harus diawali dengan penyediaan struktur skema yang jelas guna mencegah kelebihan beban pada memori kerja (*working memory overload*) (Chang et al., 2022; Jung et al., 2025).

Namun, kontribusi utama dari penelitian ini tidak hanya terletak pada konfirmasi efektivitas contoh statis, melainkan pada pembuktian mekanisme dinamis dari Guidance Fading. Ketika guru mengurangi bantuan secara bertahap dari Siklus I ke Siklus II, data observasi menunjukkan bahwa ruang kosong instruksional tersebut diisi oleh aktivitas Self-Explanation yang produktif dari siswa. Integrasi self-explanation prompts pada Siklus II terbukti secara empiris memicu beban kognitif germane (*germane cognitive load*), di mana siswa secara aktif mengonstruksi penalaran matematis (*Mathematical Reasoning*) mereka sendiri untuk mengisi langkah-langkah yang hilang dalam *Completion Problems*. Hal ini memperkuat argumen teoretis bahwa keterlibatan kognitif aktif melalui penjelasan mandiri merupakan prasyarat mutlak bagi terjadinya integrasi skema yang mendalam ke dalam memori jangka panjang (Wirth et al., 2020).

Lebih jauh lagi, hasil penelitian menunjukkan bahwa perkembangan dimensi-dimensi dalam WEDA mampu mengurai kompleksitas proses terjadinya Transfer of Learning dan Independent *Problem Solving*. Keberhasilan siswa dalam memecahkan masalah baru pada Siklus II bukan disebabkan oleh paparan latihan soal yang masif (*drill and practice*), melainkan karena terbentuknya keahlian adaptif (*adaptive expertise*) (T. Wang & Lajoie, 2023). Melalui lintasan perubahan yang terekam dalam WEDA di mana kemandirian prosedural memicu penalaran konseptual siswa dilatih untuk mengenali karakteristik struktural mendalam dari masalah matematika (Endres et al., 2021; Novita et al., 2025). Oleh karena itu, ketika mereka dihadapkan pada variasi soal baru, mereka mampu melakukan transfer pengetahuan secara fleksibel tanpa memerlukan kehadiran konstan dari figur guru (Novita et al., 2025). Pembahasan ini memosisikan kerangka kerja WEDA bukan sekadar sebagai alat ukur, melainkan sebagai jendela teoretis yang berhasil menyingkap proses transformasi kognitif siswa dari kondisi dependensi menuju otonomi matematis yang utuh.

SIMPULAN

Kebaruan dan Kontribusi

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengambilan keputusan pedagogis guru dalam pembelajaran matematika pada kelas sekolah dasar yang heterogen merupakan proses profesional yang bersifat dinamis, kontekstual, dan reflektif. Proses tersebut tidak berlangsung sebagai rangkaian keputusan yang linear, tetapi berkembang melalui siklus mengenali heterogenitas siswa, melakukan penalaran pedagogis yang sensitif terhadap konteks, mengambil keputusan pembelajaran yang adaptif, serta merefleksikan dan merevisi keputusan berdasarkan bukti pembelajaran. Dengan demikian, penelitian ini memperlihatkan bahwa adaptivitas guru tidak semata-mata ditentukan oleh penguasaan

strategi pembelajaran, melainkan oleh kualitas proses pengambilan keputusan pedagogis yang berlangsung secara berkelanjutan..

Keterbatasan dan Penelitian Lanjut

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan dalam menginterpretasikan temuan. Data diperoleh melalui Focus Group Discussion yang melibatkan delapan guru dari tiga Sekolah Dasar Muhammadiyah di Kabupaten Batang sehingga temuan merepresentasikan konteks tertentu dan tidak dimaksudkan untuk digeneralisasikan ke seluruh konteks pendidikan dasar. Selain itu, penggunaan FGD berbasis skenario kasus menggambarkan proses penalaran pedagogis guru berdasarkan pengalaman dan refleksi profesional, namun belum mengamati secara langsung bagaimana keputusan tersebut diwujudkan selama pembelajaran berlangsung. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan melibatkan konteks sekolah yang lebih beragam, mengombinasikan FGD dengan observasi kelas dan stimulated recall interview, serta menggunakan pendekatan mixed methods untuk menguji hubungan antarkomponen proses pengambilan keputusan pedagogis. Temuan penelitian ini juga membuka peluang bagi pengembangan, penyempurnaan, dan validasi suatu kerangka konseptual mengenai Adaptive Pedagogical Decision Making yang dapat diuji pada berbagai konteks pembelajaran matematika.

Implikasi

Hasil penelitian ini memberikan implikasi bagi praktik pembelajaran, pendidikan guru, dan penelitian pendidikan matematika. Bagi guru, temuan ini menegaskan bahwa pembelajaran matematika yang adaptif memerlukan kemampuan mengenali keragaman karakteristik siswa, melakukan penalaran pedagogis yang mempertimbangkan tujuan pembelajaran dan kondisi kelas, serta membangun praktik reflektif yang memungkinkan keputusan pembelajaran terus disempurnakan. Bagi lembaga pendidikan guru dan program pengembangan profesional berkelanjutan, hasil penelitian ini menunjukkan pentingnya mengembangkan kompetensi pengambilan keputusan pedagogis sebagai bagian integral dari kompetensi profesional guru, bukan hanya memperkenalkan berbagai strategi pembelajaran secara terpisah. Dari sisi akademik, penelitian ini memperkaya literatur mengenai pengambilan keputusan pedagogis guru matematika dengan menyediakan representasi empiris mengenai mekanisme pengambilan keputusan yang bersifat siklik. Representasi tersebut dapat menjadi pijakan bagi penelitian lanjutan untuk membangun, menyempurnakan, dan memvalidasi kerangka konseptual Adaptive Pedagogical Decision Making sehingga mampu menjelaskan mekanisme adaptivitas guru matematika pada berbagai konteks pembelajaran..

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, V., & Opoku, A. (2022). Technology supported learning and pedagogy in times of crisis : the case of COVID - 19 pandemic. In *Education and Information Technologies*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10706-w>
- Chang, P.-H., Cheng, S.-F., Cheng, C.-W., Tang, J.-J., & Tzeng, C.-B. (2022). An Exploration of Instructional Design and Its Effectiveness of Using Cognitive Load Perspective into Electronics Experiment Course. *2022 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)*, 415–422. <https://doi.org/10.1109/TALE54877.2022.00074>
- Chen, S., Liu, X., Bakhir, N. M., & Yu, Y. (2024). A study of the effects of different animations on germane cognitive load during intangible cultural heritage instruction. *Education and Information Technologies*, 29(14), 19163–19196.



- Cotto, D. M., & Medrano, J. (2026). *Does working memory moderate the effect of fading on math performance ? August 2024*, 108–126. <https://doi.org/10.1111/bjep.12781>
- Ding, M., & Mochaourab, R. (2024). Promoting teaching improvement in elementary mathematics : A case with inverse relations. *Asian Journal for Mathematics Education*, 3(January), 143–173. <https://doi.org/10.1177/27527263241256678>
- Doç, Y., & Çiğdem, Z. (2018). The Effect of Self-Explanation Prompts and Fading Steps in Worked- out Examples on Students ' Fraction Problems Performance Açıklayıcı İpuculu ve Silikleştirilerek Basamaklandırılmış Çözümlü Örneklerin Öğrencilerin Kesir Problemleri Performansına Etkisi . *Kalem Eğitim ve İnsan Bilimleri Dergisi* 2018, 8(1), 43–67.
- Endres, T., Leber, J., Böttger, C., Rovers, S., & Renkl, A. (2021). Improving lifelong learning by fostering students' learning strategies at university. *Psychology Learning & Teaching*, 20(1), 144–160.
- Herzamzam, D. A., & Yudha, C. B. (2025). *Revolusi Belajar Matematika SD: Kekuatan Pembelajaran Berbasis Masalah dalam Menggempur Rasa Takut dan Membangkitkan Motivasi serta Self-Efficacy*. Penerbit K-Media.
- Jonsson, B., Mossegård, J., Lithner, J., & Wirebring, L. K. (2022). Creative Mathematical Reasoning : Does Need for Cognition Matter ? *Frontiers in Psychology*, 12(January), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.797807>
- Jung, J., Shin, Y., Chung, H., & Fanguy, M. (2025). The effects of pre-training types on cognitive load, self-efficacy, and problem-solving in computer programming. *Journal of Computing in Higher Education*, 37(3), 809–830. <https://doi.org/10.1007/s12528-024-09407-3>
- Kalyuga, S., & Renkl, A. (2010). Expertise reversal effect and its instructional implications : introduction to the special issue. *Instr Sci*, 38, 209–215. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9102-0>
- Kim, H. (2020). Concreteness Fading Strategy : A Promising and Sustainable Instructional Model in Mathematics Classrooms. *Sustainability*, 12(2211). <https://doi.org/doi:10.3390/su12062211>
- Martínez-salinas, F. J., & Sánchez-aguirre, F. D. M. (2024). ENHANCING EDUCATION THROUGH PROCEDURAL LEARNING : A PATHWAY TO ACHIEVING SDG 4 GOALS. *Journal of Lifestyle & SDG'S Review*, 5(2001), 1–14.
- Ngu, B. H., Chen, O., Phan, H. P., Usop, H., & Anding, P. N. (2025). *Can Correct and Incorrect Worked Examples Supersede Worked Examples and Problem - Solving on Learning Linear Equations ? An Examination from Cognitive Load and Motivation Perspectives*. 1992.
- Novita, R., Putra, M., Usman, & Junita, S. (2025). Conceptual and procedural knowledge in students ' fraction division thinking : Insights from a hermeneutic phenomenological study. *Journal on Mathematics Education*, 16(4), 1233–1256.
- Pol, J. Van De, Mercer, N., Volman, M., & Mercer, N. (2019). Scaffolding Student Understanding in Small- Group Work : Students ' Uptake of Teacher Support in Subsequent Small-Group Interaction Scaffolding Student Understanding in Small-Group Work : Students ' Uptake of Teacher Support in Subsequent Small-Group Interaction Janneke van de Pol. *Journal of the Learning Sciences*, 28(2), 206–239. <https://doi.org/10.1080/10508406.2018.1522258>
- Pratt, N., & Alderton, J. (2023). Review of "A contemporary theory of mathematics education research." *Research in Mathematics Education*, 25(2), 268–272. <https://doi.org/10.1080/14794802.2022.2059697>
- Renkl, A. (2021). The Worked Example Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer & L.

- Fiorella (Eds.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3rd ed., pp. 231–240). Cambridge University Press. <https://doi.org/DOL: 10.1017/9781108894333.023>
- Rícan, J., Chytrý, V., & Medová, J. (2022). Aspects of self-regulated learning and their influence on the mathematics achievement of fifth graders in the context of four different proclaimed curricula. *Frontiers in Psychology*.
- Salden, R. J. C. M., Aleven, V. A. W. M. M., & Renkl, A. (2009). Worked Examples and Tutored Problem Solving : Redundant or Synergistic Forms of Support ? *Topic in Cognitive Science*, 1(1), 203–213. <https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2008.01011.x>
- Salden, R. J. C. M., Aleven, V., Schwonke, R., & Renkl, A. (2010). The expertise reversal effect and worked examples in tutored problem solving. *Instructional Science*, 38(3), 289–307. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9107-8>
- Silva, J., & Guimarães, M. (2021). Perspectiva teórica e histórica da resolução de problemas no ensino de matemática nos anos iniciais do ensino fundamental Theoretical and historical perspective of problem solving in the teaching of mathematics in the early years of elementary school. *ARTIGOS LIVRES*, 17(2), 1–30.
- Sweller, J. (2024). Cognitive load theory and individual differences. *Learning and Individual Differences*, 110, 102423. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102423>
- van Bers, B. M. C. W., van Schijndel, T. J. P., Visser, I., & Raijmakers, M. E. J. (2020). Cognitive flexibility training has direct and near transfer effects, but no far transfer effects, in preschoolers. *Journal of Experimental Child Psychology*, 193, 104809. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104809>
- Verschaffel, L., Depaepe, F., & Mevarech, Z. (2019). *Learning Mathematics in Metacognitively Oriented ICT-Based Learning Environments : A Systematic Review of the Literature*. 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/3402035>
- Wahyuni, N. (2025). Over-Scaffolding in Mathematics Education and Its Impact on Students ' Cognitive Autonomy. *Aksioma : Jurnal Matematika*, 2(December), 36–46. <https://doi.org/https://doi.org/10.62872/1v2c2209>
- Wang, H. (2011). Transfer Learning by Structural Analogy. *Proceedings of the Twenty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence Transfer*, 513–518.
- Wang, T., & Lajoie, S. P. (2023). How does cognitive load interact with self-regulated learning? A dynamic and integrative model. *Educational Psychology Review*, 35(3), 69.
- Wesenberg, L., Krieglstein, F., Jansen, S., Rey, G. D., Beege, M., & Schneider, S. (2022). The influence of the order and congruency of correct and erroneous worked examples on learning and (meta-) cognitive load. *Frontiers in Psychology*, October, 1–20. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1032003>
- Wirth, J., Stebner, F., Trypke, M., & Schuster, C. (2020). An Interactive Layers Model of Self-Regulated Learning and Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 1127–1149.
- Yapatang, L., & Polyiem, T. (2022). Development of the Mathematical Problem-Solving Ability Using Applied Cooperative Learning and Polya ' s Problem-Solving Process for Grade 9 Students. *Journal of Education and Learning*, 11(3), 40–46. <https://doi.org/10.5539/jel.v11n3p40>