

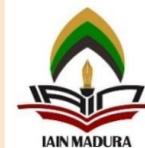


**GHÂNCARAN: JURNAL PENDIDIKAN
BAHASA DAN SAstra INDONESIA**

<http://ejournal.iainmadura.ac.id/index.php/ghancaran>

E-ISSN : 2715-9132 ; P-ISSN: 2714-8955

DOI 10.19105/ghancaran.vi.21670



**Efektivitas Pembelajaran Berbasis AI dan
Augmented Reality dalam Meningkatkan Literasi
Digital dan Fungsi Eksekutif Otak Siswa SD:
Tinjauan Literatur Sistematis**

Mutik Nur Fadhilah*, Khusnul Isma Nuriza **

*Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, UIN Madura, Indonesia

**Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah, STAI Al Akbar Surabaya, Indonesia

Alamat surel: fadhilahmutik@iainmadura.ac.id; khusnul.isma@gmail.com

Abstrak

Kata Kunci:

AI; Augmented
reality; Literasi
digital ; Fungsi
eksekutif otak ;
Pembelajaran dasar

Transformasi digital dalam dunia pendidikan menuntut pendekatan baru dalam pembelajaran, terutama di tingkat sekolah dasar. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan perkembangan fungsi eksekutif otak siswa melalui pembelajaran berbasis AI dan AR, mendeskripsikan perkembangan fungsi eksekutif otak siswa melalui pembelajaran berbasis AI dan AR, mengidentifikasi faktor-faktor pendukung dan penghambat dalam penerapan teknologi ini. Penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur sistematis (*systematic literature review*). Desain penelitian ini mengacu pada pendekatan PRISMA. Hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi AI dan AR dalam pembelajaran terbukti meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami, mengevaluasi, dan memanfaatkan informasi digital secara kritis, sekaligus menstimulasi perkembangan memori kerja, kontrol impuls, dan perhatian terfokus yang merupakan bagian dari fungsi eksekutif otak. Faktor-faktor pendukung seperti infrastruktur digital, kompetensi guru, dan kebijakan pendidikan yang fleksibel sangat menentukan keberhasilan implementasi teknologi ini. Penelitian ini menyimpulkan bahwa AI dan AR bukan hanya alat bantu visual, tetapi dapat menjadi pendekatan pedagogis utama untuk membentuk pembelajar abad ke-21. Temuan ini merekomendasikan perlunya dukungan kebijakan yang komprehensif serta pelatihan guru untuk memaksimalkan potensi teknologi dalam pendidikan dasar.

Abstract

Keywords:

AI; Augmented
reality;
Digital literacy;
Executive function;
Elementary
education.

The digital transformation in education demands a new approach to learning, especially at the elementary school level. This study aims to describe the development of students' executive brain functions through AI- and AR-based learning, describe the development of students' executive brain functions through AI- and AR-based learning, and identify supporting and inhibiting factors in the implementation of these technologies. This study uses a systematic literature review method. This research design refers to the PRISMA approach. The results of the study indicate that the integration of AI and AR in learning has been proven to improve students' ability to understand, evaluate, and utilize digital information critically, while stimulating the development of working memory, impulse control, and focused attention, which are part of the brain's executive functions. Supporting factors such as digital infrastructure, teacher competence, and flexible education policies are crucial for the successful implementation of these technologies. This study

concludes that AI and AR are not merely visual aids, but can be a key pedagogical approach to shaping 21st-century learners. These findings recommend the need for comprehensive policy support and teacher training to maximize the potential of technology in elementary education.

Terkirim: 22 Agustus 2025; Revisi: 1 September 2025; Diterbitkan: 16 September 2025

©Ghâncaran: Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia, Special Edition: Lalongét VI

Tadris Bahasa Indonesia

Institut Agama Islam Negeri Madura, Indonesia

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) yang pesat dalam beberapa dekade terakhir telah membawa perubahan fundamental pada berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk bidang pendidikan. Khususnya di era digital saat ini, kemampuan literasi digital menjadi sebuah kebutuhan esensial yang harus dimiliki oleh setiap individu agar dapat bersaing dan berpartisipasi secara efektif dalam masyarakat yang semakin terdigitalisasi. Literasi digital tidak hanya sekedar kemampuan menggunakan perangkat teknologi, tetapi juga meliputi kemampuan untuk mengakses, mengevaluasi, memproduksi, dan berkomunikasi informasi secara kritis melalui media digital (Hohlfeld, Ritzhaupt, & Barron, 2017). Oleh karena itu, pendidikan dasar sebagai fondasi utama pembentukan kompetensi dasar siswa harus mampu menjawab tantangan ini dengan menyediakan lingkungan belajar yang adaptif dan kontekstual untuk mengembangkan literasi digital secara efektif.

Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa kemampuan literasi digital di kalangan siswa sekolah dasar masih belum optimal. Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain adalah keterbatasan fasilitas, kurangnya pembekalan guru terhadap teknologi pembelajaran, serta desain pembelajaran yang belum sepenuhnya mengakomodasi kebutuhan kognitif siswa pada tahap perkembangan tersebut (Kurniawan, 2021). Kondisi ini menjadi sebuah permasalahan serius, mengingat literasi digital yang rendah dapat berdampak negatif pada kemampuan belajar siswa secara menyeluruh serta membatasi potensi mereka dalam menghadapi tantangan di masa depan yang semakin kompleks dan berbasis teknologi.

Pada konteks pendidikan dasar, pengembangan fungsi eksekutif otak, seperti perhatian, perencanaan, dan pengendalian diri, sangat penting untuk mendukung proses pembelajaran siswa. Teori *Self-Regulated Learning* (SRL) yang dikembangkan oleh Zimmerman (1990) menekankan pentingnya peran siswa dalam mengatur proses belajarnya sendiri melalui tiga fase utama: perencanaan (*forethought*), pelaksanaan (*performance*), dan refleksi (*self-reflection*). Pada fase perencanaan, siswa menetapkan tujuan dan strategi belajar; pada fase pelaksanaan, mereka memonitor dan mengatur diri selama proses belajar; dan pada fase refleksi, mereka mengevaluasi hasil belajar untuk

perbaikan di masa depan. Fadhilah (2021) menyoroti bahwa literasi digital berperan penting dalam mendukung SRL, terutama dalam pembelajaran berbasis teknologi seperti blended learning. Dengan menguasai literasi digital, siswa dapat mengakses, mengevaluasi, dan memanfaatkan informasi secara efektif, yang pada gilirannya meningkatkan kemampuan mereka dalam mengatur proses belajar secara mandiri. Hal ini sejalan dengan pandangan Pintrich (2004) yang menyatakan bahwa SRL mencakup pengaturan diri dalam aspek kognitif, metakognitif, motivasional, dan kontekstual. Selain itu, Teori Behaviorisme juga relevan dalam konteks ini. Skinner (1953) berpendapat bahwa pembelajaran terjadi melalui penguatan perilaku yang diinginkan. Dalam penelitian Fadhilah (2022), penerapan teori Skinner digunakan untuk memotivasi siswa dalam pembelajaran Pendidikan Agama Islam di sekolah dasar, dengan memberikan penguatan positif terhadap perilaku belajar yang diinginkan. Dengan demikian, kombinasi antara teori SRL dan Behaviorisme memberikan landasan yang kuat untuk memahami dan mengembangkan strategi pembelajaran yang efektif di era digital, khususnya dalam konteks pendidikan dasar

Selain literasi digital, aspek kognitif yang juga sangat krusial dalam proses pembelajaran adalah fungsi eksekutif otak, yang mencakup kemampuan seperti perencanaan, pengendalian diri, pengambilan keputusan, dan pengaturan perhatian (Zelazo & Carlson, 2012). Fungsi eksekutif ini sangat berperan dalam membantu siswa mengorganisasi informasi, memecahkan masalah, dan mengelola proses belajar secara efektif. Fungsi eksekutif yang berkembang dengan baik akan mendukung keberhasilan akademik dan keterampilan hidup yang esensial bagi siswa sejak usia dini. Akan tetapi, fungsi eksekutif ini masih belum banyak menjadi fokus utama dalam banyak proses pembelajaran tradisional di sekolah dasar. Penelitian oleh Nursalim (2022) menunjukkan adanya hubungan positif antara literasi digital dan kemampuan belajar mandiri (*self-regulated learning*), yang merupakan aspek kunci dalam memaksimalkan pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran.

Pada konteks pendidikan dasar, pengembangan fungsi eksekutif otak seperti kemampuan perhatian, pengendalian diri, dan perencanaan sangat penting untuk mendukung proses belajar anak. Pendekatan neuropsikologi pendidikan penting dalam menghubungkan fungsi otak dengan teknik psikologi positif, khususnya konsep self-healing yang mampu memengaruhi neuroplastisitas otak. Melalui praktik *mindfulness*, *self-compassion*, dan *positive self-talk*. Siswa dapat meningkatkan regulasi emosi dan perhatian yang diatur oleh prefrontal cortex dan amigdala, sehingga memaksimalkan potensi belajar dan kesejahteraan psikologis (Rahmasari, 2020). Pendekatan ini relevan

dalam mendukung kemampuan kognitif dan emosional siswa di pendidikan dasar, memperkuat landasan teori neuropsikologi yang menjadi dasar pembelajaran efektif di usia dini.

Menghadapi tantangan dan kebutuhan tersebut, integrasi teknologi pembelajaran berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dan *Augmented Reality* (AR) muncul sebagai inovasi yang menjanjikan dalam dunia pendidikan. AI menawarkan kemampuan adaptasi dan personalisasi dalam pembelajaran, yang memungkinkan materi dan metode pembelajaran disesuaikan dengan kebutuhan, kemampuan, dan kecepatan belajar tiap siswa secara real-time (Chen, Chen, & Lin, 2020). Contohnya, AI dapat diaplikasikan dalam bentuk *chatbot* edukasi yang dapat memberikan bimbingan dan umpan balik secara langsung kepada siswa, sehingga siswa dapat belajar mandiri dengan interaksi yang menarik dan relevan (Winkler & Söllner, 2018). Oleh karena itu, sinergi antara AI dan AR tidak hanya menjadi sarana untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran, tetapi juga membuka ruang bagi terciptanya pengalaman belajar yang lebih imersif, interaktif, dan kontekstual, sehingga mampu menjawab tantangan pendidikan di era digital sekaligus mempersiapkan generasi yang adaptif terhadap perkembangan teknologi masa depan.

Sementara itu, *Augmented Reality* memberikan dimensi baru dalam pembelajaran dengan menggabungkan elemen dunia nyata dan dunia digital secara simultan sehingga siswa dapat mengalami pembelajaran secara lebih imersif dan multisensorial (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Pengalaman belajar yang dihasilkan AR tidak hanya meningkatkan motivasi dan minat siswa, tetapi juga merangsang berbagai aspek kognitif termasuk perhatian selektif dan memori kerja, yang merupakan komponen penting dalam fungsi eksekutif otak (Garzón, Pavón, & Gutiérrez, 2019). Dengan visualisasi interaktif yang kaya, konsep-konsep abstrak menjadi lebih mudah dipahami, khususnya bagi anak usia sekolah dasar yang masih dalam tahap perkembangan kognitif dan sensorimotor. Meskipun banyak penelitian menunjukkan manfaat AR dalam pendidikan, masih terbatasnya kajian yang mengeksplorasi penggunaan AR dalam konteks kognitif anak usia sekolah dasar menjadi gap penelitian yang perlu dieksplorasi lebih lanjut (Lee dkk., 2021).

Pendekatan ini sejalan dengan teori pembelajaran konstruktivis dan sosial dari Vygotsky (1978), yang menekankan pentingnya interaksi sosial dan pengalaman konkret dalam pembelajaran. Teknologi AR, dengan kemampuannya menggabungkan dunia nyata dan dunia digital, dapat menjadi media yang efektif untuk memberikan pengalaman belajar yang nyata namun tetap kaya konteks digital. AI dan AR, dengan demikian, tidak

hanya berfungsi sebagai alat bantu, tetapi juga sebagai mediator yang menghubungkan proses kognitif dan sosial siswa secara optimal. Namun, hingga saat ini, belum ada penelitian yang relevan yang mengkaji peran AR dan AI dalam konteks pembelajaran yang mengintegrasikan aspek kognitif dan sosial pada siswa sekolah dasar.

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan potensi besar AI dan AR dalam meningkatkan hasil belajar, sebagian besar studi masih lebih banyak berfokus pada pendidikan tingkat menengah dan tinggi, serta kurang memberikan perhatian khusus pada konteks pendidikan dasar (Holmes, Bialik, & Fadel, 2019; Garzón dkk., 2019). Padahal, tahap pendidikan dasar merupakan masa krusial bagi pembentukan dasar literasi digital dan fungsi eksekutif otak yang sehat. Kurangnya penelitian yang mendalam dan sistematis mengenai efektivitas AI dan AR khususnya di sekolah dasar menciptakan gap pengetahuan yang penting untuk diisi, agar pemanfaatan teknologi ini dapat dilakukan secara tepat dan berkelanjutan.

Penelitian ini hadir untuk menanggapi kebutuhan tersebut dengan melakukan tinjauan literatur sistematis terhadap berbagai studi yang membahas efektivitas pembelajaran berbasis AI dan AR dalam konteks pendidikan dasar. Penelitian ini juga bertujuan untuk mendeskripsikan perkembangan fungsi eksekutif otak siswa melalui pembelajaran berbasis AI dan AR, mendeskripsikan perkembangan fungsi eksekutif otak siswa melalui pembelajaran berbasis AI dan AR, mengidentifikasi faktor-faktor pendukung dan penghambat dalam penerapan teknologi ini.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoritis dan praktis bagi para pendidik, pengembang kurikulum, serta pembuat kebijakan pendidikan dalam merancang dan mengimplementasikan model pembelajaran yang inovatif, efektif, dan sesuai dengan kebutuhan kognitif siswa sekolah dasar. Dengan demikian, literasi digital dan fungsi eksekutif otak yang kuat dapat dibangun sejak dini, sebagai bekal penting menghadapi tantangan abad ke-21.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur sistematis (*systematic literature review*) guna mengevaluasi efektivitas penggunaan teknologi Artificial Intelligence (AI) dan Augmented Reality (AR) dalam konteks pembelajaran di jenjang sekolah dasar. Desain penelitian ini mengacu pada pendekatan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)* yang bertujuan memastikan proses seleksi literatur dilakukan secara transparan, sistematis, dan dapat direplikasi (Page dkk., 2021). Populasi dalam penelitian ini mencakup berbagai artikel ilmiah yang

dipublikasikan dalam jurnal bereputasi antara tahun 2015 hingga 2024, dengan kriteria inklusi berupa: (1) artikel berbahasa Inggris atau Indonesia, (2) memfokuskan pada pendidikan dasar (SD atau setara), (3) membahas pembelajaran berbasis AI atau AR, dan (4) memiliki variabel terkait literasi digital atau fungsi eksekutif otak (seperti perhatian, memori kerja, dan kontrol diri). Pemilihan sampel dilakukan melalui teknik purposive sampling dengan menelusuri database seperti Scopus, ScienceDirect, ERIC, dan Google Scholar menggunakan kombinasi kata kunci seperti “*AI in primary education*”, “*augmented reality AND executive function*”, dan “*digital literacy elementary students*”.

Instrumen penelitian berupa lembar telaah artikel yang dikembangkan untuk mengkategorikan informasi penting dari masing-masing studi, seperti: jenis studi, jumlah partisipan, teknologi yang digunakan, hasil temuan utama, dan implikasi pembelajaran. Prosedur pengumpulan data dilakukan melalui tahap identifikasi, seleksi, eligibility, dan inklusi sesuai diagram PRISMA. Setiap artikel yang lolos seleksi dianalisis menggunakan pendekatan analisis tematik guna mengungkap pola, persamaan, perbedaan, serta kecenderungan temuan dari berbagai studi yang relevan. Selain itu, dilakukan pula analisis terhadap faktor pendukung dan penghambat dalam implementasi teknologi AI dan AR di ruang kelas dasar, serta penelusuran atas implikasi pedagogis dan kebijakan pendidikan yang direkomendasikan oleh masing-masing penelitian. Dengan pendekatan ini, hasil kajian diharapkan dapat memberikan kontribusi konseptual dan praktis dalam pengembangan strategi pembelajaran digital yang adaptif terhadap kebutuhan abad ke-21 serta sejalan dengan pengembangan fungsi kognitif anak usia sekolah dasar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Integrasi teknologi *Augmented Reality* (AR) dan *Artificial Intelligence* (AI) dalam pembelajaran di tingkat sekolah dasar terbukti memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan literasi digital dan perkembangan fungsi eksekutif otak siswa. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Maulana & Lestari (2021), penggunaan aplikasi AR seperti Assemblr EDU dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam proses belajar dan mengembangkan keterampilan literasi digital yang lebih kompleks. AR menyediakan visualisasi yang memungkinkan siswa untuk memahami konsep-konsep abstrak menjadi lebih konkret, yang mendorong pemahaman yang lebih mendalam terhadap materi pelajaran.

Hal ini berperan penting dalam literasi digital, di mana siswa dilatih untuk menggunakan perangkat digital secara efektif, mengevaluasi informasi dari sumber daring, serta memahami prinsip etika dalam menggunakan teknologi dalam kehidupan

sehari-hari. AR membantu siswa untuk berpikir kritis, mengelola informasi, dan berinteraksi dengan materi pembelajaran dalam cara yang menyenangkan dan lebih bermakna. Sementara itu, teknologi AI, yang diterapkan dalam pembelajaran, membawa dampak yang sangat besar dalam personalisasi materi. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Lavidas & Papadakis (2024), sistem AI dapat menyesuaikan materi pembelajaran dengan kebutuhan individu siswa secara otomatis dan adaptif. Ini tidak hanya mencakup pemberian tugas yang disesuaikan dengan kemampuan masing-masing siswa, tetapi juga menyediakan umpan balik yang langsung dan relevan, yang berperan penting dalam memperkuat kemampuan literasi digital siswa. AI membantu siswa untuk mengelola informasi, memahami struktur data, serta menavigasi sumber digital secara mandiri, yang memperkuat keterampilan berpikir kritis dan evaluasi informasi, dua komponen kunci dalam literasi digital.

Selain itu, pembelajaran berbasis AR dan AI juga berkontribusi positif terhadap perkembangan fungsi eksekutif otak siswa, yang mencakup kemampuan untuk merencanakan tugas, mengingat informasi, mengatur emosi, serta mengontrol impuls. Penelitian menunjukkan bahwa teknologi AR dan AI dapat merangsang area *prefrontal cortex* otak, yang berhubungan langsung dengan aktivitas kognitif tingkat tinggi seperti perencanaan, pengambilan keputusan, dan pemecahan masalah (Miyake & Friedman, 2012). Pembelajaran berbasis AR, yang melibatkan simulasi tiga dimensi, memberikan tantangan kognitif yang mendorong siswa untuk merencanakan, mengambil keputusan, dan memecahkan masalah, yang secara langsung meningkatkan memori kerja dan fleksibilitas kognitif siswa. Di sisi lain, AI yang berfungsi sebagai tutor virtual, memberikan pengalaman pembelajaran yang dipersonalisasi, yang memungkinkan siswa melatih pengendalian diri, ketekunan, dan manajemen waktu belajar dua komponen penting dalam pengembangan fungsi eksekutif (Yusuf, 2025). Namun, meskipun kedua teknologi ini menawarkan berbagai manfaat, tantangan dalam penerapannya tetap ada, seperti kesenjangan akses teknologi di daerah tertinggal, rendahnya kesiapan guru dalam mengintegrasikan teknologi secara pedagogis, serta belum adanya kebijakan nasional yang mengatur secara eksplisit penggunaan AI dan AR dalam pendidikan dasar (Ningsih & Waluyo, 2023; Fadilah & Haryadi, 2022). Pemanfaatan AR dan AI dalam pendidikan dasar memiliki potensi besar untuk mengoptimalkan fungsi eksekutif siswa sekaligus menghadirkan pengalaman belajar yang lebih adaptif, namun realisasinya tetap memerlukan strategi implementasi yang bijaksana, dukungan kebijakan yang jelas, serta pemerataan akses agar manfaatnya dapat dirasakan secara merata di seluruh lapisan masyarakat.

Faktor-faktor ini menunjukkan bahwa efektivitas teknologi tidak hanya ditentukan oleh kecanggihan alatnya, tetapi juga oleh bagaimana teknologi tersebut dikelola dalam konteks pembelajaran yang adaptif dan terarah. Oleh karena itu, meskipun teknologi AR dan AI memiliki potensi besar dalam meningkatkan literasi digital dan fungsi eksekutif siswa sekolah dasar, penerapan yang efektif memerlukan perhatian terhadap faktor pendukung seperti infrastruktur digital yang memadai, pelatihan guru yang berkelanjutan, dan kebijakan pendidikan yang mendukung integrasi teknologi dalam kurikulum pendidikan dasar secara berkelanjutan.

Efektivitas AI dan AR dalam Meningkatkan Literasi Digital pada Siswa Sekolah Dasar

Perkembangan teknologi informasi telah mengubah paradigma literasi dari sekadar kemampuan membaca dan menulis menjadi kemampuan untuk mengakses, mengevaluasi, dan memproduksi informasi dalam lingkungan digital yang kompleks. Literasi digital saat ini menjadi fondasi penting bagi siswa, terutama pada tingkat sekolah dasar, untuk dapat belajar secara mandiri, kritis, dan bertanggung jawab di era digital. Pembelajaran berbasis teknologi canggih seperti *Artificial Intelligence* (AI) dan *Augmented Reality* (AR) telah terbukti memberikan kontribusi signifikan dalam memperkuat literasi digital pada anak usia sekolah dasar, baik dalam hal keterampilan teknis maupun kemampuan kognitif yang lebih luas.

AR memungkinkan siswa untuk mengalami pembelajaran yang bersifat visual, imersif, dan kontekstual. Sebuah studi sistematis yang dilakukan oleh Zhang dkk. (2022) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis AR di sekolah dasar dapat meningkatkan keterampilan literasi digital siswa melalui visualisasi objek 3D, simulasi fenomena alam, dan interaksi berbasis ruang nyata-virtual. Teknologi AR memungkinkan siswa untuk tidak hanya mengakses informasi tetapi juga berinteraksi dengan materi pelajaran melalui pengalaman visual yang mendalam. Ini membantu siswa memahami konsep-konsep kompleks yang sebelumnya sulit dipahami secara abstrak. Selain itu, AR melatih siswa untuk menggunakan perangkat digital, seperti tablet dan ponsel pintar, dengan cara yang produktif dan terarah, yang mendukung penguatan keterampilan operasional dalam literasi digital. Penggunaan AR dalam konteks ini memberi siswa alat untuk mengembangkan keterampilan analisis kritis, mengevaluasi sumber informasi, serta berpikir spasial yang merupakan keterampilan esensial dalam literasi digital.

AI berperan sebagai motor utama dalam personalisasi pembelajaran yang memungkinkan siswa untuk belajar berdasarkan kebutuhan individu mereka. AI juga

dapat mengumpulkan dan menganalisis data belajar siswa secara real-time, kemudian menyesuaikan materi, memberikan umpan balik, serta merekomendasikan aktivitas yang sesuai dengan kecepatan belajar dan preferensi kognitif masing-masing siswa (Lavidas & Papadakis, 2024). Dengan menggunakan sistem seperti intelligent tutoring systems dan adaptive learning platforms, siswa dapat mempelajari materi dengan cara yang lebih fleksibel dan reflektif. AI juga melatih siswa untuk menavigasi, memilih, dan memverifikasi informasi digital secara mandiri, memperkuat kemampuan berpikir kritis dan evaluasi informasi, dua komponen penting dalam literasi digital yang lebih kompleks. Selain itu, AI memfasilitasi pengembangan kesadaran digital melalui eksplorasi konten, evaluasi sumber informasi, serta pengambilan keputusan yang aman dan etis dalam ruang digital (Yusuf, 2025). Penerapan AI dalam pembelajaran tidak hanya mendorong personalisasi dan efektivitas proses belajar, tetapi juga membekali siswa dengan keterampilan literasi digital dan berpikir kritis yang esensial untuk menghadapi tantangan era informasi.

Salah satu aspek penting dalam literasi digital adalah kemampuan siswa untuk berinteraksi secara sopan dan etis di dunia maya. Teknologi AR dan AI, dengan desain pedagogis yang kuat, dapat mengembangkan dimensi sosial dan etika literasi digital siswa. Pembelajaran berbasis AR yang kolaboratif, misalnya, dapat digunakan untuk melatih empati digital melalui simulasi peran, sementara AI dapat menyajikan skenario berbasis cerita yang membantu siswa dalam membuat keputusan etis terkait dengan penggunaan teknologi. Pada konteks ini, AI tidak hanya berperan sebagai alat pembelajaran yang adaptif, tetapi juga sebagai media yang mendorong siswa untuk berpikir kritis dan etis terhadap teknologi yang mereka gunakan sehari-hari.

OECD (2021) menekankan bahwa literasi digital melibatkan kompetensi lintas disiplin yang meliputi kemampuan untuk mengakses, mengevaluasi, dan memproduksi informasi, serta berkomunikasi dan berkolaborasi secara digital. Literasi digital hanya dapat berkembang optimal jika proses pembelajarannya melibatkan interaksi aktif dengan konten yang adaptif dan refleksi kritis, semua hal yang ditawarkan oleh platform berbasis AR dan AI. Dalam konteks sekolah dasar, pendekatan ini telah terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan membaca digital, memahami representasi visual, dan menggunakan platform kolaboratif secara bertanggung jawab, sebagaimana ditemukan dalam studi oleh Maulana & Lestari (2021). Siswa yang menggunakan aplikasi AR seperti Assemblr EDU mengalami peningkatan signifikan dalam keterampilan literasi digital mereka, seperti kemampuan memahami teks digital dan mengembangkan keterampilan kolaboratif dalam berbagi dan mengolah informasi.

Efektivitas penggunaan AI dan AR dalam meningkatkan literasi digital sangat bergantung pada beberapa faktor kunci. Pertama, kompetensi guru dalam mengelola teknologi sangat penting, karena keberhasilan implementasi teknologi ini tidak hanya tergantung pada kecanggihan alat tetapi juga bagaimana teknologi tersebut diterapkan dalam konteks pembelajaran yang adaptif dan bermakna. Kedua, infrastruktur digital yang memadai di sekolah dan dukungan kurikulum yang memberikan ruang untuk eksplorasi digital menjadi faktor pendukung utama. Tanpa dukungan sistemik tersebut, potensi AI dan AR dalam mengembangkan literasi digital bisa terhambat. Oleh karena itu, penting untuk memastikan adanya pelatihan guru berkelanjutan, regulasi perangkat yang sesuai usia, serta pengawasan orang tua yang mendukung proses belajar digital anak.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pembelajaran berbasis AI dan AR merupakan pendekatan pedagogis yang sangat potensial dalam meningkatkan literasi digital siswa sekolah dasar. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan kompetensi teknis dalam menggunakan perangkat digital tetapi juga mendorong terbentuknya pola pikir digital yang kritis, kreatif, dan etis. Pembelajaran berbasis AI dan AR adalah masa depan pendidikan digital, namun untuk mencapai efektivitas yang maksimal, implementasinya harus dilakukan secara bertanggung jawab, setara, dan berkelanjutan.

Perkembangan Fungsi Eksekutif Otak Siswa melalui Pembelajaran Berbasis AI dan AR

Fungsi eksekutif merupakan sekumpulan keterampilan kognitif tingkat tinggi yang penting bagi keberhasilan akademik dan sosial siswa. Fungsi ini meliputi beberapa kemampuan utama, yaitu memori kerja (*working memory*), kontrol atensi, pengendalian impuls, fleksibilitas kognitif, serta kemampuan merencanakan dan menyelesaikan tugas. Dalam tahap perkembangan anak usia sekolah dasar (6–12 tahun), fungsi eksekutif otak mengalami perkembangan pesat seiring kematangan area prefrontal cortex, dan sangat dipengaruhi oleh stimulasi lingkungan belajar yang menantang dan terstruktur. Menurut penelitian oleh Best (2010), perkembangan fungsi eksekutif pada anak-anak usia sekolah dasar sangat dipengaruhi oleh pengalaman dan lingkungan belajar yang kaya dan menantang. Lingkungan yang mendukung, seperti pembelajaran yang interaktif dan kolaboratif, dapat merangsang perkembangan area *prefrontal cortex*, yang berperan penting dalam pengendalian diri, perencanaan, dan pengambilan keputusan. Sebaliknya, lingkungan yang kurang menantang dapat menghambat perkembangan fungsi eksekutif tersebut. Oleh karena itu, penting untuk menciptakan lingkungan belajar yang kaya akan stimulasi kognitif untuk mendukung perkembangan fungsi eksekutif pada anak usia sekolah dasar.

Dalam konteks pembelajaran abad ke-21, penggunaan *Artificial Intelligence* (AI) dan *Augmented Reality* (AR) sebagai strategi pembelajaran tidak hanya berdampak pada hasil belajar akademik, tetapi juga berperan aktif dalam membentuk dan mengembangkan fungsi eksekutif siswa. Teknologi-teknologi ini mampu menyajikan konten yang adaptif, interaktif, dan kontekstual, yang semuanya terbukti efektif dalam menstimulasi aktivitas otak bagian depan yang berkaitan dengan eksekutif function.

AR menyajikan pengalaman belajar yang interaktif dan berbasis konteks nyata. Pada studi Dunleavy, Dede, & Mitchell (2009), pembelajaran dengan simulasi AR terbukti mampu mengaktifkan pemrosesan kognitif tingkat tinggi, karena siswa dituntut untuk melakukan navigasi spasial, menafsirkan elemen visual 3D, dan mengambil keputusan berdasarkan informasi yang tersedia. Kegiatan seperti ini menuntut konsentrasi berkelanjutan, fleksibilitas kognitif, dan kontrol impuls, yang seluruhnya merupakan bagian dari fungsi eksekutif.

Kegiatan berbasis AR yang bersifat kolaboratif, seperti pemecahan masalah bersama dalam dunia virtual, menumbuhkan kemampuan regulasi diri, pengelolaan emosi, dan koordinasi sosial. Ketika siswa harus membagi perhatian antara dunia nyata dan objek digital yang muncul di layar perangkat, mereka terlatih dalam switching dan inhibition, dua komponen utama fungsi eksekutif sebagaimana dikemukakan oleh Miyake & Friedman (2012). Aktivitas kolaboratif berbasis AR tidak hanya memperkuat fungsi eksekutif siswa, tetapi juga membekali mereka dengan keterampilan sosial dan emosional yang penting untuk menghadapi dinamika pembelajaran abad ke-21.

Berbeda dari AR yang bersifat visual dan eksploratif, AI berfungsi sebagai sistem pembelajaran yang adaptif dan terstruktur. Sistem AI seperti *intelligent tutoring systems* atau *adaptive feedback tools* menyediakan pengalaman belajar yang menantang secara bertahap, serta memberikan umpan balik real-time yang memungkinkan siswa mengevaluasi keputusan dan strategi belajar mereka. Studi yang dilakukan oleh Yusuf (2025), siswa yang terlibat dalam pembelajaran berbasis AI menunjukkan peningkatan dalam regulasi diri, kemampuan menetapkan tujuan, dan menyusun strategi penyelesaian tugas jangka panjang.

Hal ini disebabkan karena AI menuntut siswa untuk memonitor performa mereka sendiri dan menyesuaikan pendekatan belajar berdasarkan informasi dari sistem. Dengan kata lain, AI memperkuat metakognisi sebagai kesadaran terhadap proses berpikir sendiri yang menjadikan fondasi dari fungsi eksekutif. Pembelajaran berbasis AI juga mengajarkan siswa untuk bertahan dalam tugas yang kompleks, menyelesaikan aktivitas

secara mandiri, serta mengontrol emosi saat menghadapi kesulitan atau kegagalan belajar.

Fungsi eksekutif yang berkembang dengan baik di usia dasar akan membentuk fondasi kuat bagi proses belajar sepanjang hayat. Anak dengan fungsi eksekutif yang optimal cenderung memiliki kemampuan menyelesaikan masalah secara sistematis, fleksibel dalam menghadapi perubahan, dan lebih mudah beradaptasi dalam lingkungan belajar yang dinamis (Best, Miller, & Naglieri, 2011). Pembelajaran berbasis AI dan AR, jika dirancang dengan baik dan diterapkan secara konsisten, berpotensi besar menjadi intervensi strategis untuk memperkuat dasar-dasar neurologis anak, bukan hanya dalam konteks pendidikan, tetapi juga dalam pengambilan keputusan sosial dan moral di kehidupan nyata.

Efektivitas AI dan AR dalam pengembangan fungsi eksekutif juga sangat bergantung pada pendekatan pedagogis yang digunakan. Tanpa kerangka instruksional yang tepat, teknologi canggih hanya akan menjadi hiburan visual tanpa dampak kognitif. Oleh karena itu, guru harus dibekali dengan pemahaman mendalam tentang bagaimana mengintegrasikan fitur teknologi untuk mendukung kontrol atensi, pemecahan masalah, serta penguatan daya tahan kognitif siswa. Selain itu, keterlibatan aktif siswa, refleksi selama proses belajar, dan interaksi sosial juga menjadi elemen penting dalam memaksimalkan potensi teknologi terhadap fungsi eksekutif otak.

Faktor-Faktor Pendukung dan Penghambat Penerapan AI dan AR dalam Pembelajaran Dasar

Artificial Intelligence (AI) dan *Augmented Reality* (AR) dalam pembelajaran di sekolah dasar sangat erat kaitannya dengan kesiapan sistem pendidikan dalam mengadopsi inovasi digital. Pertama, ketersediaan infrastruktur teknologi seperti perangkat keras (laptop, tablet, kamera) dan koneksi internet yang stabil menjadi prasyarat utama dalam menjamin aksesibilitas dan keberlanjutan penggunaan teknologi pembelajaran digital. Sekolah yang memiliki fasilitas ini secara signifikan lebih mampu mengintegrasikan teknologi secara intensif ke dalam kegiatan belajar-mengajar (Zhang dkk., 2022; Ningsih & Waluyo, 2023). Kedua, kompetensi guru dalam literasi digital menjadi katalis utama keberhasilan implementasi. Guru yang terampil dalam mengoperasikan aplikasi AR dan sistem berbasis AI dapat merancang strategi pembelajaran yang relevan dan adaptif. Dalam hal ini, pelatihan profesional secara berkelanjutan diperlukan agar guru tidak hanya mahir secara teknis, tetapi juga memiliki pemahaman pedagogis yang mendalam terhadap penggunaan teknologi (Lavidas & Papadakis, 2024). Kesiapan infrastruktur teknologi yang memadai dan peningkatan

kompetensi guru dalam literasi digital merupakan fondasi penting untuk memastikan pemanfaatan AI dan AR dalam pembelajaran dasar dapat berjalan efektif, berkelanjutan, dan memberi dampak positif bagi kualitas pendidikan.

Selanjutnya, dukungan kebijakan pendidikan dari lembaga pemerintah maupun sekolah sangat penting dalam membentuk ekosistem digital yang inklusif. Kebijakan seperti kurikulum fleksibel, alokasi anggaran untuk teknologi, dan roadmap digital education memberikan legitimasi serta arah strategis dalam mengintegrasikan AI dan AR di tingkat pendidikan dasar (Kemendikbudristek, 2023). Selain itu, partisipasi aktif orang tua dan komunitas dalam mendukung pembelajaran digital di rumah, terutama selama proses belajar jarak jauh, sangat membantu dalam mempercepat adaptasi siswa terhadap teknologi. Ketika keluarga memahami peran dan potensi AI serta AR, maka siswa dapat lebih cepat menginternalisasi pengalaman belajar digital (OECD, 2021). Terakhir, keberhasilan integrasi teknologi tidak lepas dari desain instruksional yang kolaboratif dan kontekstual, di mana metode pembelajaran berbasis proyek, masalah, dan simulasi terbukti dapat mengasah aspek kognitif, sosial, dan emosional siswa secara seimbang (Dunleavy dkk., 2009). Dengan menggabungkan seluruh faktor pendukung ini, proses transformasi pendidikan digital dapat berjalan lebih efektif dan berkelanjutan.

Potensi besar integrasi teknologi AI dan AR dalam pembelajaran di sekolah dasar terdapat sejumlah faktor penghambat yang signifikan dan perlu diatasi agar transformasi pendidikan digital dapat berjalan optimal. Salah satu kendala utama adalah kesenjangan akses dan ketimpangan digital yang masih terjadi secara luas, terutama di daerah terpencil atau sekolah dengan keterbatasan anggaran. Kondisi ini menyebabkan eksklusi digital karena keterbatasan perangkat dan jaringan internet yang memadai (Yusuf, 2025; Fadilah & Haryadi, 2022). Selain itu, kurangnya pelatihan dan dukungan profesional bagi guru menjadi persoalan yang mendesak, karena banyak tenaga pendidik yang belum memperoleh pembekalan teknis dan pedagogis secara memadai untuk mengoperasikan serta mengintegrasikan teknologi AI dan AR ke dalam kegiatan pembelajaran. Tanpa adanya program pelatihan berkelanjutan dan sistem mentoring, penggunaan teknologi ini berisiko menjadi simbol semata tanpa dampak yang nyata (Maulana & Lestari, 2021). Upaya mengatasi kesenjangan akses dan memperkuat kapasitas guru melalui pelatihan berkelanjutan menjadi langkah krusial agar integrasi AI dan AR dalam pembelajaran dasar tidak hanya bersifat simbolis, tetapi benar-benar menghadirkan transformasi pendidikan yang inklusif dan berkelanjutan.

Resistensi terhadap perubahan juga masih terjadi di kalangan pendidik, kepala sekolah, dan bahkan pembuat kebijakan. Pandangan konservatif yang menganggap

teknologi sebagai ancaman terhadap metode tradisional cenderung menunda adopsi inovasi, terlebih jika tidak disertai edukasi dan sosialisasi yang menyeluruh tentang manfaat dan implementasinya (Rahmasari, 2022). Permasalahan lain yang tidak kalah penting adalah ketidakselarasan antara kurikulum dan perkembangan teknologi. Kurikulum yang terlalu padat dan administratif sering kali tidak memberikan ruang fleksibel bagi guru untuk mengembangkan kegiatan berbasis teknologi, sehingga potensi AI dan AR tidak dapat dimaksimalkan (OECD, 2021). Mengatasi resistensi terhadap perubahan sekaligus menyesuaikan kurikulum dengan perkembangan teknologi merupakan prasyarat penting agar integrasi AI dan AR benar-benar mampu memperkaya praktik pembelajaran di sekolah dasar secara berkelanjutan.

Terakhir, penggunaan teknologi digital di lingkungan anak-anak juga membawa risiko terkait keamanan dan etika digital. Anak-anak sekolah dasar, yang masih dalam tahap perkembangan kognitif, cenderung lebih rentan terhadap penyalahgunaan data, paparan konten yang tidak layak, atau kecanduan perangkat digital. Oleh karena itu, aspek pengawasan, regulasi, dan pendidikan karakter berbasis digital perlu dijadikan bagian integral dalam setiap program integrasi teknologi. Anak-anak di sekolah dasar harus diajarkan untuk mengenali dan menghindari potensi bahaya di dunia digital, serta diberi pemahaman tentang bagaimana berkomunikasi dan berinteraksi secara sopan di dunia maya (Nursalim, 2022). Literasi digital yang melibatkan kesadaran terhadap privasi dan etika digital sangat penting untuk menghindari risiko tersebut.

Menghadapi berbagai tantangan ini, diperlukan pendekatan sistemik dan kolaboratif agar hambatan-hambatan tersebut tidak menjadi penghalang dalam mendorong kemajuan pendidikan dasar berbasis teknologi. Keterlibatan semua pihak dari guru, orang tua, hingga pemerintah, dalam mendukung pembelajaran berbasis teknologi akan memastikan bahwa integrasi AI dan AR dapat berjalan dengan efektif, aman, dan berkelanjutan. Dengan pendekatan yang holistik, teknologi dapat menjadi alat yang sangat berharga dalam meningkatkan kualitas pendidikan di tingkat sekolah dasar, membantu siswa mengembangkan keterampilan digital yang dibutuhkan di era teknologi informasi saat ini.

SIMPULAN

Penerapan AI dan AR tidak hanya memperkuat keterampilan teknis siswa dalam literasi digital, tetapi juga berkontribusi pada pengembangan fungsi eksekutif otak, termasuk kemampuan untuk berpikir kritis, memori kerja, pengendalian impuls, dan perencanaan. Pembelajaran berbasis AI dan AR memberikan kontribusi signifikan

terhadap kedua aspek sehingga siswa mudah untuk mengakses dan mengevaluasi informasi secara mandiri, serta memperkuat kapasitas mereka dalam mengelola tugas dan berinteraksi secara etis dalam dunia digital.

Efektivitas teknologi ini tidak hanya bergantung pada perangkat atau aplikasi itu sendiri, melainkan pada faktor-faktor pendukung yang lebih luas, seperti infrastruktur yang memadai, pelatihan guru yang berkelanjutan, serta kebijakan pendidikan yang berpihak pada inovasi digital. Hambatan-hambatan seperti kesenjangan akses digital dan ketidaksiapan pedagogis di kalangan guru dapat menghambat potensi penuh dari teknologi ini. Oleh karena itu, teknologi AI dan AR dapat diterapkan secara efektif dalam pendidikan dasar.

Kurikulum dapat didesain dengan lebih adaptif dan tidak hanya berbasis pada konten tetapi juga pada perkembangan kognitif siswa dan potensi teknologi. Di masa depan, pengembangan pembelajaran berbasis AR dan AI perlu difokuskan pada kolaborasi lintas sektor untuk menciptakan solusi yang lebih inklusif dan kontekstual. Selain itu, untuk memastikan bahwa pembelajaran berbasis teknologi ini memberikan dampak yang maksimal, diperlukan riset lebih lanjut yang bersifat longitudinal untuk mengevaluasi dampak jangka panjang terhadap kualitas pembelajaran, perkembangan sosial-emosional, dan kesejahteraan siswa dalam konteks Indonesia yang beragam.

Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada studi longitudinal untuk menilai dampak jangka panjang AI dan AR terhadap perkembangan kognitif, sosial-emosional, serta kesejahteraan siswa, sekaligus mengeksplorasi model implementasi yang sesuai dengan konteks pendidikan di berbagai daerah.

DAFTAR RUJUKAN

- Best, J. R. (2010). Effects Of Physical Activity On Children's Executive Function: Contributions Of Experimental Research On Aerobic Exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331-351.
- Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access*, 8, 75264-75278.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22.
- Fadhilah, M. N. (2021). Pemanfaatan aplikasi e-learning IAIN Madura dalam meningkatkan efisiensi belajar mahasiswa di masa new normal. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 1683-1688.
- Fadhilah, M. N. (2021). Peran Literasi Digital dalam Model Pembelajaran Blended Learning Mahasiswa PGMI. *MUBTADI: Jurnal Pendidikan Ibtidaiyah*, 3(1), 13-24.
- Fadhilah, M. N., & Haryadi, H. (2022). Pemanfaatan Augmented Reality sebagai Media Interaktif dalam Pembelajaran Tematik Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan Madrasah Ibtidaiyah Al-Aulad*, 4(1), 14-29.

- Garzón, J., Pavón, J., & Gutiérrez, J. (2019). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 22(1), 1-13.
- Hohlfeld, T. N., Ritzhaupt, A. D., & Barron, A. E. (2017). The digital literacy of elementary students: Exploring the relation to their academic achievement. *Journal of Research on Technology in Education*, 49(1-2), 35-53.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123.
- Kemendikbudristek. (2023). *Peta Jalan Transformasi Digital Pendidikan Indonesia 2023–2029*. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Kurniawan, D. (2021). Peningkatan Literasi Digital pada Siswa Sekolah Dasar dalam Era Revolusi Industri 4.0. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 10(2), 15-25.
- Lavidas, K., & Papadakis, S. (2024). Educational Approaches with AI in Primary School Settings: A Systematic Review of the Literature Available in Scopus. *Education Sciences*, 14(7), 744.
- Lee, J. K., Lee, J. H., & Kim, H. J. (2021). Exploring the Impact of Augmented Reality on Cognitive Development in Primary School Students. *Journal of Educational Technology*, 25(3), 245-261.
- Maulana, R., & Lestari, F. (2021). Efektivitas Penggunaan AR melalui Assemblr EDU dalam Meningkatkan Keterampilan Literasi Digital Siswa. *Jurnal Jendela Edukasi*, 4(3), 88-96.
- Mirmoadi, B. S., Satwika, Y. W., & Nursalim, M. (2022). Hubungan Antara Literasi Digital dengan Self-Regulated Learning Pada Mahasiswa. *Jurnal Dinamika Manajemen Pendidikan*, 7(1), 8-23.
- Ningsih, S., & Waluyo, T. (2023). Penerapan Teknologi Augmented Reality dalam Meningkatkan Kemampuan Literasi Digital Siswa SD. *Jurnal Pendidikan Dasar (PENDAS)*, 11(2), 211-226.
- Nursalim, A. (2022). Literasi Digital dan Self-Regulated Learning: Kajian Teoritis dan Praktis. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Digital*, 5(2), 101-113.
- OECD. (2021). *21st Century Readers: Developing Literacy Skills in a Digital World*. OECD Publishing.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 Statement: an Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews. *BMJ*, 372, n71.
- Pintrich, P. R. (2004). A Conceptual Framework for Assessing Motivation and Self-Regulated Learning in College Students. *Educational Psychology Review*, 16(4), 385-407.
- Rahmasari, D. (2020). *Self Healing is Knowing Your Own Self*. UNESA University Press.
- Rahmasari, D. (2022). *Neuropsikologi Pendidikan Dasar*. Modul Perkuliahan. Universitas Negeri Surabaya.
- Skinner, B. F. (1953). *Science and Human Behavior*. Free Press.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Winkler, R., & Söllner, M. (2018). Unleashing The Potential of Chatbots In Education: A State of The Art Analysis. *Academy of Management Proceedings*, 1, 17336.
- Yusuf, F. A. (2025). Trends, Opportunities, and Challenges of Artificial Intelligence in Elementary Education: A Systematic Literature Review. *Journal of Integrated Elementary Education*, 5(1), 109-127.
- Zelazo, P. D., & Carlson, S. M. (2012). The Development of Executive Function in Early Childhood. *Handbook of Child Psychology and Developmental Science*, 1-41.

- Zhang, J., Li, G., Huang, Q., Feng, Q., & Luo, H. (2022). Augmented Reality in K–12 Education: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sustainability*, 14(15), 9725.
- Zimmerman, B. J. (1990). Self-regulated learning and academic achievement: An overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 3-17.